COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JUILLET 1881.

PRÉSIDENCE DE M. WURTZ.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après la lecture du procès-verbal, M. Boussingault donne communication de la Note suivante, sur les détonations constatées pendant les tremblements de terre.

« Dans le *Compte rendu* de la séance du 11 juillet, on lit un télégramme du vice-consul de France à Gabès, daté du 13 juin et relatif à des secousses de tremblement de terre qui se sont produites dans cette ville.

« Tremblement continue avec régularité; secousses se succèdent d'heure en heure, avec des variations de cinq minutes en plus ou en moins; toutes sont accompagnées d'un grondement sourd, quelquefois menaçant, précédées d'une forte détonation. »

» En 1827 j'étais à la Vega de Supia; le 17 juin, à 6^h du soir, il y eut un tremblement de terre qui se fit sentir pendant six minutes. Le D[r] Roulin, résidant à Bogota, trouva aussi six minutes. C'est l'agitation du sol la plus prolongée que j'aie constatée.

» Après le tremblement de terre, on entendit au sud-est des bruits instantanés, sans roulements; le ciel était d'une grande pureté. Chronomètre en main, je reconnus que l'intervalle entre chaque commotion était à très

peu près de trente secondes. J'ai compté dix détonations dont l'intensité approchait de celle d'un coup de canon de 24.

» Le 9 décembre de la même année 1827, à la Vega de Supia, à 8h30m du soir, on entendit au sud une détonation. Il n'y avait pas eu de tremblement de terre; l'aiguille de la boussole de déclinaison de Gambey était immobile. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète b 1881 (grande comète), faites à l'Observatoire de Paris (équatorial de la tour de l'Ouest)* par MM. TISSERAND et G. BIGOURDAN.

Dates. 1881.	Étoiles de comp.	Grandeur.	Ascension droite. ☄* — ☆	Ascension droite. Log. fact. par.	Déclinaison. ☄* — ☆	Déclinaison. Log. fact. par.
			m s		′ ″	
Juin 23.	*a*	2	−16.16,40	+ $\bar{1}$,475	−15.49,0	+ 0,918
23.	*b*	7	+ 0.18,36	+ $\bar{1}$,356	− 1.32,5	+ 0,931
24.	*c*	8	+ 0.59,07	+ $\bar{1}$,381	+ 1. 6,2	+ 0,927
24.	*d*	6	+ 2.21,76	− $\bar{1}$,387	+ 1.39,1	+ 0,926
25.	*e*	8	− 3.38,78	− $\bar{1}$,273	− 1.50,0	+ 0,931
26.	*f*	8	− 3. 5,97	+ $\bar{1}$,097	− 4.33,0	+ 0,931
28.	*g*	8	− 2.31,48	+ $\bar{1}$,471	+ 0.19,5	+ 0,902
29.	*h*	6	+ 3.57,26	+ $\bar{1}$,481	− 5.45,9	+ 0,895
Juill. 1.	*i*	9	+ 3.44,51	+ $\bar{1}$,510	+ 8.49,8	+ 0,881
2.	*j*	7	+ 7.49,80	− $\bar{1}$,243	+ 1.54,0	+ 0,882

Positions des étoiles de comparaison.

Dates. 1881.	Étoiles de comparaison.	Ascension droite moyenne 1881,0.	Réduction au jour.	Déclinaison moyenne 1881,0.	Réduct. au jour.	Autorité.
		h m s	s	° ′ ″	″	
Juin 23.	*a* β Cocher..........	5.50.48,00	+1,70	+44.56. 0,5	−3,1	*Conn. des Temps.*
23.	*b* 10639 Lalande......	5.34.16,95	+1,72	+44.47.22,6	−2,6	2 obs. mér. Paris.
24.	*c* 6166 Arg.-Œltzen....	5.37.21,03	+1,74	+49. 4.28,6	−2,9	Arg.-Œltzen.
24.	*d* 6156 »	5.36.41,04	+1,90	+49.46.20,1	−2,9	»
25.	*e* 6298 »	5.46.41,55	+1,77	+53.31.0,43	−3,4	»
26.	*f* 1593 Radcliffe I.....	5.50.26,86	+1,77	+56.54.39,0	−3,6	Radcliffe I.
28.	*g* 6518 Arg.-Œltzen ...	6. 0.50,07	+1,78	+62.59.49,5	−4,3	Arg.-Œltzen.
29.	*h* 6514-15-16 Arg.-Œlt.	6. 0.52,38	+1,79	+65.44.57,4	−4,3	»
Juill. 1.	*i* 402 Arg.-Zone +70°.	6.16.39,21	+1,71	+69.59.48,5	−5,1	*Ann. de Bonn*, t. VI.
2.	*i* 322 » +72°.	6.22.19,03	+1,66	+72. 6.11,6	−5,4	»

Positions apparentes de la comète.

Dates. 1881.	Temps moyen de Paris.	Ascension droite.	Nombre de comparaisons.	Déclinaison.	Nombre de comparaisons.	Observateur.
	h m s	h m s		° ′ ″		
Juin 23....	9.18.13	5.34.33,30	3	+44.40. 8,4	8	G.B.
23....	9.48.16	5.34.37,03	10	+44.45.47,5	20	G.B.
24....	9.51.26	5.38.21,84	18	+49. 5.31,9	30	G.B.
24....	13.58.32	5.39. 4,70	9	+49.47.56,3	18	G.B.
25....	12.33.27	5.43. 4,54	18	+53.29.49,6	36	G.B.
26....	10.46. 6	5.47.22,66	18	+56.50. 2,4	36	G.B.
28....	10.11.49	5.58.20,37	12	+63. 0. 4,7	23	T.
29....	10.12.29	6. 4.51,43	12	+65.39. 7,2	24	T.
Juill. 1....	10.12.55	6.20.25,43	9	+70. 8.33,2	18	T.
2....	12.12.49	6.30.10,49	15	+72. 8. 0,2	32	G.B.

ASTRONOMIE. — *Théorie de la flexion plane des solides, et conséquences relatives, tant à la construction des lunettes astronomiques, qu'à la réglementation de ces appareils, pour les affranchir des déviations de l'axe optique produites par la flexion* (¹); par M. **Yvon Villarceau**. (Extrait.)

« *Théorie.* — La déviation de l'axe optique provient de ce que, sous l'influence de la pesanteur, les deux parties de l'axe du tube, situées de part et d'autre de l'axe de rotation, n'affectent pas des figures symétriques par rapport à un plan mené, par ce dernier axe, perpendiculairement à la direction qu'aurait l'axe du tube si l'appareil était soustrait à l'action de la pesanteur.

» La partie la plus délicate du problème est ainsi de déterminer la courbe en laquelle se transforme l'axe de figure de chacun des deux tubes partiels dont se compose une lunette.

» La théorie exposée dans la *Mécanique* de Poisson (2ᵉ édition) doit, avant tout, être rectifiée en y rétablissant le facteur $(1+\delta)$, que ce géomètre réduit à l'unité, dans l'expression de l'allongement d'un filet donné. Cette rectification est ici absolument nécessaire, attendu qu'il en résulte un terme du second ordre, et que la considération des termes de cet ordre est l'objet essentiel de la présente théorie : nous nous proposons effectivement de montrer que, dans les lunettes bien construites, ces termes sont entière-

(¹) Voir *Comptes rendus*, séance du 11 juillet 1881.

ment négligeables; sans quoi, nous ne pourrions songer à réduire à zéro les termes du premier ordre, suivant la méthode indiquée plus haut. Ajoutons que, dans le problème de la flexion des lunettes, où l'on néglige les termes du troisième ordre, il n'est pas nécessaire d'éliminer, par des différentiations, les intégrales que contient l'équation différentielle de la courbe, en substituant, comme le fait Poisson, une équation du quatrième ordre à l'équation proposée, qui est seulement du second. Il suffit de calculer les termes du premier ordre, ce qui n'offre aucune difficulté, et d'en substituer la valeur dans ceux du second; cela ne produit aucune altération dans le degré d'approximation convenu.

» L'expression la plus générale de l'ordonnée du centre optique de l'objectif, pendant la flexion, se compose d'une constante et de termes en $\sin z$, $\cos z$, $\sin 2z$ et $\cos 2z$; z désignant la distance zénithale accusée par la lecture faite sur un cercle divisé, lié invariablement à l'axe de rotation de la lunette. Si l'on convient de nommer termes du premier et du second ordre ceux qui ont en diviseur la première et la deuxième puissance du coefficient d'élasticité, on peut dire que les deux termes en $\begin{smallmatrix}\sin\\ \cos\end{smallmatrix} z$ sont du premier ordre et que le terme constant, ainsi que ceux en $\begin{smallmatrix}\sin\\ \cos\end{smallmatrix} 2z$, sont du second ordre.

» Quant à l'ordonnée de la croisée des fils, si l'on rapporte les coordonnées à des axes de directions opposées à celles qui répondent à l'objectif, on obtient cette ordonnée, en changeant z en $180° + z$ dans l'expression de l'ordonnée du centre optique de l'objectif.

» Il suit de là que la correction δz à appliquer à z, pour tenir compte des flexions, est de la forme

$$\delta z = Q + Q' + (A - A')\sin z + (C - C')\cos z + (W + W')\sin 2z + (w + w')\cos 2z.$$

» Les quantités Q, A, C, W et w désignent des constantes qui dépendent de la constitution physique de la partie du tube qui relie l'objectif au cube central et du poids Π du système objectif, ainsi que de la situation de son centre de gravité; les mêmes lettres, avec des accents, désignent des fonctions de même nature, relativement au système oculaire.

» On reconnaît aisément que, dans les lunettes semblables, les termes du premier ordre varient comme les dimensions linéaires et ceux du second ordre comme le carré de ces dimensions.

» Nous ferons abstraction de la partie $Q + Q'$, qui se confond évidemment avec sa collimation.

» En ce qui concerne les termes du second ordre ou les termes en $\frac{\sin}{\cos} 2z$, nous avons effectué et vérifié, avec le plus grand soin, leurs valeurs analytiques et nous avons trouvé que le plus fort des coefficients de ces termes, $W + W'$, formé de deux parties de mêmes signes, n'atteint que 0",0002 à 0",0003, dans les instruments méridiens de la plus grande dimension réalisée jusqu'ici : ce terme se réduirait au quart des valeurs précédentes, dans les instruments d'environ 2^m de distance focale). Ils sont donc absolument négligeables.

» Quant aux termes du premier ordre ou en $\frac{\sin}{\cos} z$, ils disparaîtront si l'on a exactement $A = A'$, $C = C'$, c'est-à-dire, si les deux tubes partiels et les charges qu'ils supportent constituent des systèmes mécaniquement identiques ; en sorte que la flexion astronomique serait nulle dans les instruments qui rempliraient ces conditions.

» De ce qui précède, nous ne voulons retenir que deux points, savoir : qu'on peut faire abstraction de la constante et considérer comme entièrement négligeables les termes en $\frac{\sin}{\cos} 2z$.

» *Conclusions pratiques.* — Nous supposerons qu'ayant fait un choix convenable des matières, on se propose de construire deux portions de tube de lunette, chargées à leurs extrémités des poids des systèmes objectif ou oculaire, dans des conditions d'égalité au moins approximative. Considérant le cas, uniquement pratiqué jusqu'ici, de profils rectilignes de la section méridienne des tubes, et supposant que les rayons extérieur et intérieur R_1 et r_1 aux extrémités libres aient été fixés par les convenances de la construction, nous conseillerions d'assujettir les rayons extérieur et intérieur R_0 et r_0 du tube, dans le plan d'assemblage avec le cube central, à la condition

$$R_0^2 + r_0^2 = R_1^2 + r_1^2,$$

en attribuant à r_0 la valeur minimum qui soit compatible avec la libre marche des rayons lumineux et avec l'absence de réflexions par les parois intérieures du tube.

» Dans ces conditions, la conicité sera peu prononcée à l'extérieur, et les épaisseurs croîtront des extrémités libres vers le cube central, circonstance favorable à la conservation de la figure des sections normales et à l'atténuation des irrégularités de figure, provenant de l'inégalité accidentelle de l'action des outils.

» Une extrême précision n'est pas nécessaire, car, arrivât-on à la réaliser, l'opération de la mise des fils au foyer viendrait tout troubler et donnerait naissance à des flexions qui, sans cela, pourraient ne pas exister.

» L'absence d'une conicité prononcée exigera que, indépendamment de la disposition nécessaire pour que l'une des extrémités du tube s'engage dans le cube central, à la manière d'un *centre* proprement dit, cette extrémité soit munie d'une large couronne, venue à la fonte avec le tube. Cette couronne devrait être solidement fixée, sur le cube, au moyen de deux rangs de boulons alternants.

» Enfin, il serait nécessaire d'adapter, à l'extérieur du tube et vers chacune de ses extémités libres, un système de deux tiges filetées, concentriques et *de même pas*, dont l'axe commun soit perpendiculaire à l'axe du tube et situé dans le plan du mouvement. Ces tiges seraient destinées à porter des masses que nous nommerons *complémentaires*.

» Imaginons que, la distance focale ayant été réglée, l'artiste ait pris les dispositions nécessaires pour que la lunette soit en équilibre, tant dans la position horizontale, que dans la position verticale; d'après ce qui précède, la flexion, ou plus exactement la correction pour la flexion, s'exprimera par la formule très simple

$$\delta z = f \sin z + g \cos z,$$

où les coefficients f et g représentent respectivement la flexion à l'horizon et la flexion au zénith.

Détermination expérimentale des flexions à l'horizon et au zénith.

» 1° *Flexion à l'horizon.* — Ayant pointé l'un sur l'autre deux collimateurs horizontaux, ou à peu près horizontaux, on pointera successivement la lunette sur chacun d'eux. Soient alors l la lecture du cercle correspondante à celui dont la distance zénithale est 90°, l' la lecture faite sur l'autre collimateur; on aura

$$f = \tfrac{1}{2}(l' - l) - 90^\circ.$$

» 2° *Flexion au zénith.* — Ayant fait les observations qui viennent d'être indiquées, on y joindra un pointé au nadir, auquel répondra une lecture n du cercle; puis on retournera l'instrument et, dans la nouvelle position, on fera de nouveaux pointés sur les collimateurs et au nadir. Désignant alors les lectures correspondantes aux premiers par λ, λ' et celle correspondante au nadir par ν, on aura une nouvelle valeur de f, et celle de g

s'obtiendra par la formule

$$g = \tfrac{1}{2}(n + \nu) - \tfrac{1}{4}(l + l' + \lambda + \lambda').$$

» Il est bon de remarquer que, si le cercle est muni de quatre microscopes, les valeurs de f et de g ainsi obtenues seront absolument indépendantes des erreurs de division du cercle.

» *Annulation de la flexion à l'horizon.* — Soit f_0 la valeur de f obtenue en l'absence des masses complémentaires. Adaptons sur les vis filetées, du côté de l'objectif, deux masses dont les poids réunis seront désignés par $\Delta\Pi$, et soit f_1 la valeur de f que détermine l'addition de ces masses. Enlevons ces mêmes masses; adaptons du côté de l'oculaire deux masses dont le poids total sera $\Delta\Pi'$, et soit f_2 la valeur de f correspondante à cet état de l'instrument. Si l'on désigne par $\delta\Pi$ et $\delta\Pi'$ les masses à adapter à l'objectif et à l'oculaire pour réduire la flexion f à zéro, L et L' les distances des axes des tiges filetées à l'axe de rotation, on aura, pour déterminer $\delta\Pi$ et $\delta\Pi'$, les relations

$$\frac{f_1 - f_0}{\Delta\Pi}\,\delta\Pi + \frac{f_2 - f_0}{\Delta\Pi'}\,\delta\Pi' = -f_0,$$

$$\mathrm{L}\,\delta\Pi - \mathrm{L}'\,\delta\Pi' = 0.$$

» On règlera la position des masses composantes le long des tiges filetées, de manière à rétablir au besoin l'équilibre de l'instrument dans la position verticale, et en ayant le soin de leur laisser une course disponible et suffisante pour l'opération qui suit : cela n'offrira aucune difficulté.

» *Annulation de la flexion au zénith.* — Soit g_0 la valeur de g que l'on déterminera, l'instrument étant muni des masses complémentaires $\delta\Pi$ et $\delta\Pi'$, et soient notées, en tours de vis τ, les positions des masses composantes, en comptant les tours dans un même sens pour le côté de l'objectif, et également dans un même sens, mais contraire au précédent, pour le côté de l'oculaire.

» Déplaçons les masses $\delta\Pi$ d'un même nombre de tours $\Delta\tau$, et soit g_1 la valeur que prend la constante g dans cet état de l'instrument.

» Rétablissons ces masses dans leur état primitif et déplaçons les masses $\delta\Pi'$ d'un nombre $\Delta\tau'$ de tours de vis, et soit g_2 la valeur correspondante de g.

» On aura, pour déterminer les positions des masses $\delta\Pi$ et $\delta\Pi'$, qui sont

propres à annuler le coefficient g, les relations suivantes

$$\frac{g_1 - g_0}{\Delta\tau}\,\delta\tau + \frac{g_2 - g_0}{\Delta\tau'}\,\delta\tau' = -\,g_0,$$

$$\delta\Pi\,\delta\tau - \delta\Pi'\,\delta\tau' = 0,$$

où $\delta\tau$ et $\delta\tau'$ désignent les déplacements à effectuer à partir des positions initiales des masses, et dans les sens indiqués plus haut.

» Nous devons faire remarquer que les valeurs de $\delta\tau$, $\delta\tau'$ correspondantes à un instrument dont les tubes seraient parfaitement semblables et d'ailleurs équilibrés se présenteraient sous la forme $\frac{0}{0}$; c'est qu'alors g_0 serait effectivement nul, et l'on n'aurait qu'à satisfaire à la dernière des deux équations précédentes, c'est-à-dire à une simple condition d'équilibre. Les valeurs de $\delta\Pi$, $\delta\Pi'$ pourront aussi donner lieu à une indétermination analogue.

» On profitera, au besoin, de l'indétermination réelle ou seulement approchée, dans les cas où elle viendrait à se produire.

» Si l'on observe que l'emploi et le déplacement des masses $\delta\Pi$ et $\delta\Pi'$ ne sont nécessités que par un défaut d'égalité des tubes partiels et de leurs accessoires, ou par un léger dérangement occasionné par la mise au foyer, on reconnaîtra que, dans les conditions supposées, ces masses et ces déplacements seront peu considérables.

» Nous ne pouvons insister ici sur les difficultés que présente l'observation des collimateurs horizontaux, en raison de leur faible hauteur au-dessus du sol et des réfractions anomales qui en sont les conséquences; mais nous ne pouvons passer sous silence un autre genre de difficulté, celle qui provient d'une insuffisance de la tension du fil horizontal du réticule.

» Sous l'influence de l'humidité de l'air, ce fil prend une courbure dont l'effet se confond avec celui qui répond au terme $f \sin z$ de la formule de la flexion; si donc on ne prend pas les précautions convenables, il pourra arriver que le coefficient f offre des variations apparentes, alors qu'en réalité il n'aura subi aucun changement. Le moyen de parer à une telle éventualité consiste évidemment à comparer les variations de f, si elles se produisent, avec les variations hygrométriques correspondantes.

» Nous avons indiqué autrefois un moyen de déterminer la courbure ou plutôt la figure d'un fil horizontal, mais les circonstances nous ont empêché jusqu'ici de l'expérimenter. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des formes quadratiques;* par M. C. **Jordan**.

« I. Nous dirons qu'une substitution

(1) $$S = \begin{vmatrix} x_1 & \alpha_{11}x_1 + \ldots + \alpha_{1n}x_n \\ \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_n & \alpha_{n1}x_1 + \ldots + \alpha_{nn}x_n \end{vmatrix},$$

de déterminant δ, est réduite si l'on a identiquement

(2) $$\begin{cases} \mathrm{N}(\alpha_{11}x_1 + \ldots + \alpha_{1n}x_n) + \ldots + \mathrm{N}(\alpha_{n1}x_1 + \ldots + \alpha_{nn}x_n) \\ \quad = \mu_1 \mathrm{N}(x_1 + \varepsilon_{12}x_2 + \ldots + \varepsilon_{1n}x_n) + \mu_2 \mathrm{N}(x_2 + \varepsilon_{23}x_3 + \ldots) + \ldots + \mu_n \mathrm{N}x_n, \end{cases}$$

$\mathrm{N}(x)$ représentant la norme de x, $\mu_1, \ldots, \mu_n$ étant des quantités positives satisfaisant aux relations

(3) $$\mu_{k+1} \overset{=}{>} \tfrac{1}{2}\mu_k, \quad \mu_1\mu_2\ldots\mu_n = \mathrm{N}(\delta)$$

et $\varepsilon_{12}, \ldots, \varepsilon_{n-1,n}$ des quantités complexes dont la norme ne surpasse pas $\frac{1}{2}$.

» Nous avons montré (*Journal de l'Ecole Polytechnique*, XLVIIIe Cahier):

» 1° Que toute substitution S, multipliée par une substitution convenable T à coefficients entiers, donnera une substitution réduite ST;

» 2° Que si S et ST sont toutes deux réduites, et si les coefficients $\beta_{11}, \ldots, \beta_{nn}$ de T sont entiers, tous leurs modules seront limités en fonction de n;

» 3° Enfin que, si l'un des rapports $\frac{\mu_2}{\mu_1}, \ldots, \frac{\mu_n}{\mu_{n-1}}$, tel que $\frac{\mu_{\rho+1}}{\mu_\rho}$, surpasse 2^{4n-5}, on aura

$$\beta_{kl} = 0 \quad \text{pour} \quad k > \rho, \ l \overset{=}{<} \rho.$$

» Une forme G, algébriquement équivalente à une forme F, sera dite *réduite par rapport à* F si, parmi les substitutions qui transforment F en G, il en est une S qui soit réduite. Cette transformation se représentera commodément par l'équation

(4) $$\mathrm{FS} = \mathrm{G}.$$

» Il est clair que toute forme G algébriquement équivalente à F peut être transformée en une réduite équivalente.

» II. Soient $\mathrm{F} = \Sigma a_{kl}x_kx_l$ une forme quadratique à n variables à coeffi-

cients quelconques et de discriminant $\Delta \gtrless 0$; $G = \Sigma b_{kl} x_k x_l$ une forme à coefficients entiers complexes, de même déterminant, et qui soit la transformée de F par la substitution réduite S.

» L'équation (2) donnera

$$N\alpha_{1k} + \ldots + N\alpha_{nk} = \mu_1 N\varepsilon_{1k} + \mu_2 N\varepsilon_{2k} + \ldots + \mu_k,$$

et par suite, quel que soit λ,

$$N\alpha_{\lambda k} \leqq \mu_1 N\varepsilon_{1k} + \mu_2 N\varepsilon_{2k} + \ldots + \mu_k,$$

et, en vertu des relations (3),

$$(5) \qquad N\alpha_{\lambda k} \leqq 2^{\rho-1}\mu_\rho, \quad \text{mod. } \alpha_{\lambda k} \leqq 2^{\frac{\rho-1}{2}}\sqrt{\mu_\rho},$$

ρ étant un entier quelconque non $< k$, mais non $> n$.

» L'équation (4) donnera

$$b_{kl} = \sum_{\lambda,\rho} a_{\lambda\rho}(\alpha_{\lambda k}\alpha_{\rho l} + \alpha_{\lambda l}\alpha_{\rho k}),$$

et, en vertu de (5),

$$\text{mod. } b_{kl} \leqq 2^{\frac{\rho+\sigma}{2}}\sqrt{\mu_\rho \mu_\sigma}\, s,$$

s désignant la somme des modules des coefficients $a_{\lambda\rho}$ de la forme F, ρ un entier non $> k$ mais non $> n$, σ un entier non $> l$ mais non $< l$.

» On voit par là :

» 1° Que la connaissance d'une limite supérieure de $\mu_\rho \mu_\sigma$ suffira pour assigner une limite supérieure aux modules de ceux des coefficients b dont les indices ne surpassent pas respectivement ρ et σ;

2° Et notamment que, si l'on a

$$\mu_\rho \mu_\sigma < \frac{1}{2^{\rho+\sigma} s^2},$$

tous ces coefficients seront nuls, car ce sont des entiers dont le module est < 1.

» III. Faisons, pour abréger,

$$2^{n+1} s^2 = m.$$

» Chacun des produits $\mu_1 \mu_n, \ldots, \mu_\rho \mu_{n-\rho+1}$ sera compris entre $\frac{1}{m}$ et m^{n-1}.

» En effet, si l'on avait $\mu_\rho \mu_{n-\rho+1} < \frac{1}{m}$, on en déduirait, d'après ce qui

précède,

$$b_{kl} = 0 \quad \text{si} \quad k \leqq \rho, \quad l \leqq n - \rho + 1,$$

d'où $\Delta = 0$, contrairement à l'hypothèse.

» D'autre part, S ayant l'unité pour déterminant, on aura

$$\mu_1 \mu_n . \mu_2 \mu_{n-1} \ldots \mu_\rho \mu_{n-\rho+1} \ldots = (\mu_1 \mu_2 \ldots \mu_n)^2 = 1.$$

Remplaçant tous les produits binaires, sauf un seul, par leur limite inférieure $\frac{1}{m}$, il viendra

$$\mu_\rho \mu_{n-\rho+1} \leqq m^{n-1}.$$

» L'indice ρ étant quelconque, il résulte de cette inégalité que tous ceux des coefficients b où la somme des indices ne surpasse pas $n+1$ ont leurs modules limités.

» IV. Deux cas sont à distinguer pour l'étude des autres coefficients :

» 1° Si l'on a constamment

$$(6) \qquad \mu_{k+1} \leqq e \mu_k \quad \text{lorsque} \quad k \leqq \frac{n}{2},$$

e désignant une constante arbitraire $> 2^n s^2 m^{n-1}$, on en déduira, en vertu des inégalités $\mu_k \mu_{n-k+1} \leqq m^{n-1}$, $\mu_{k+1} \mu_{n-k} \geqq \frac{1}{m}$,

$$(7) \qquad \mu_{n-k+1} \leqq e m^n \mu_{n-k}.$$

» Les rapports $\frac{\mu_2}{\mu_1}, \ldots, \frac{\mu_n}{\mu_{n-1}}$ étant tous limités, leur produit $\frac{\mu_n}{\mu_1}$ le sera. Mais $\mu_1 \mu_n$ l'est également : donc $\mu_n \mu_n$, et par suite les modules de tous les coefficients b, seront limités.

» Les réduites à coefficients limités ainsi obtenues pourront s'appeler *réduites ordinaires*.

» V. Supposons, au contraire, qu'il existe des valeurs de k non supérieures à $\frac{n}{2}$, pour lesquelles l'inégalité (6) n'ait pas lieu. Soient, par exemple, ρ et σ ces valeurs, et soit $\rho < \sigma$.

» On aura tout d'abord

$$\mu_\rho \mu_{n-\rho} < \frac{1}{e} \mu_{\rho+1} \mu_{n-\rho} < \frac{1}{e} m^{n-1} < \frac{1}{2^n s^2}$$

et de même

$$\mu_\sigma \mu_{n-\sigma} < \frac{1}{2^n s^2},$$

d'où

$$b_{kl} = 0 \left\{ \begin{array}{l} \text{si } k \leqq \rho, \quad l \leqq n-\rho, \\ \text{si } k \leqq \sigma, \quad l \leqq n-\sigma. \end{array} \right.$$

» En second lieu, l'inégalité (6) étant satisfaite, ainsi que la relation (7), qui en est la conséquence, pour les valeurs de k, qui sont $< \rho$, ou $> \rho$ mais $< \sigma$, ou $> \sigma$ mais $\leqq \tau$, τ désignant le plus grand entier contenu dans $\frac{n}{2}$, on aura

$$\mu_\rho \mu_n \leqq e^{\rho-1} \mu_1 \mu_n \leqq e^{\rho-1} m^{n-1},$$
$$\mu_\sigma \mu_{n-\rho} \leqq e^{\sigma-\rho-1} \mu_{\rho+1} \mu_{n-\rho} \leqq e^{\sigma-\rho-1} m^{n-1},$$
$$\mu_\tau \mu_{n-\sigma} \leqq e^{\tau-\sigma-1} \mu_{\sigma+1} \mu_{n-\sigma} \leqq e^{\tau-\sigma-1} m^{n-1}.$$

» Donc b_{kl} aura son module limité :

» 1° Si $k \leqq \rho$;

» 2° Si $k > \rho \leqq \sigma$ et $l = n - \rho$;

» 3° Si $k > \sigma \leqq \frac{n}{2}$ et $l \leqq n - \sigma$.

» Les autres coefficients ne sont assujettis à aucune limitation.

» VI. On voit par là qu'il existe, outre les réduites ordinaires signalées plus haut, des *réduites singulières* où certains coefficients cessent d'être limités. En revanche, d'autres coefficients seront nécessairement nuls.

» Cette circonstance établit une différence essentielle entre les formes quadratiques et les formes de degrés supérieurs, qui n'ont que des réduites ordinaires (lorsque le discriminant n'est pas nul).

» Pour les formes quadratiques à cinq variables x, y, z, u, v, par exemple, on aura les trois espèces suivantes de réduites singulières,

$$(8) \quad (ax + By + Cz + Du + Ev)v + \text{fonct. quadr. } (y, z, u),$$
$$(9) \quad (ax + By + Cz + Du + Ev)v + (b'y + C'z + D'u)u + c''z^2,$$
$$(10) \quad (ax + by + Cz + Du + Ev)v + (a'x + b'y + C'z + D'u)u + c''z^2,$$

où nous avons mis en évidence, au moyen de lettres majuscules, les coefficients non limités.

» VII. Une quelconque de ces réduites peut d'ailleurs être transformée,

par une substitution de la forme

$$\left|\begin{array}{ll} x & x+\alpha_{12}y+\ldots+\ldots+\alpha_{15}v \\ y & \qquad y+\alpha_{23}z+\ldots+\alpha_{25}v \\ . & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ u & \qquad\qquad\qquad u+\alpha_{45}v \\ v & \qquad\qquad\qquad\qquad v \end{array}\right|,$$

en une forme *simple* équivalente, dont tous les coefficients sont limités.

» En effet, considérons par exemple une réduite de l'espèce (10). Changeons x, y en $x+\alpha z$, $y+\beta z$. Les coefficients C et C′ seront changés en

$$a\alpha+b\beta+C, \quad a'\alpha+b'\beta+C'.$$

» Or on peut déterminer deux entiers, γ et γ', de norme inférieure à $\frac{1}{2}N(\Delta)$ et tels que l'on ait

$$C\equiv\gamma, \quad C'\equiv\gamma' \quad (\text{mod.}\,\Delta).$$

» Si maintenant on pose

$$a\alpha+b\beta+C=\gamma, \quad a'\alpha+b'\beta+C'=\gamma',$$

on trouvera pour α et β des valeurs entières, car $C-\gamma$, $C'-\gamma'$, étant divisibles par $\Delta=(ab'-ba')c''$, le seront *a fortiori* par $ab'_{1}-ba'$.

» On pourra donc, par ce changement de variables et d'autres analogues, réduire les coefficients C, C′, D, D′, E, E′ à avoir leurs normes $<\frac{1}{2}N(\Delta)$.

» VIII. Toute forme de degré Δ est équivalente à une réduite ordinaire, ou à une réduite singulière, équivalente elle-même à une forme simple. Les réduites ordinaires et les formes simples ayant leurs coefficients limités sont en nombre limité. Les formes de discriminant Δ sont donc en nombre limité.

» La limite dépend du discriminant et de la somme s des modules des coefficients de F. Si l'on prend, ce qui est permis,

$$F=\Delta^{\frac{1}{n}}(x_1^2+\ldots+x_n^2),$$

on aura $s=n\Delta^{\frac{1}{n}}$, et la limite ne dépendra plus que de Δ et de n. »

THERMOCHIMIE. — *Recherches sur l'éther glycolique et sur les oxydes d'éthylène*; par M. Berthelot.

« 1. Parmi les composés organiques, il en est peu d'aussi remarquables que l'éther glycolique ou oxyde d'éthylène, découvert par notre confrère M. Wurtz, qui en a mis en évidence les propriétés et les réactions. La suite de mes recherches sur la Mécanique chimique m'a conduit à aborder l'étude thermique de ce corps fondamental et celle de ses relations avec l'aldéhyde, corps isomère qui représente aussi un oxyde d'éthylène, mais avec une fonction différente. Voici mes résultats.

» 2. *Chaleur de combustion.* — L'oxyde d'éthylène, qui bout à 13°,5, se prête très bien à la mesure de sa chaleur de combustion par détonation, conformément à ma nouvelle méthode. On a pris soin, d'ailleurs, d'opérer sur un produit récemment préparé et introduit par distillation immédiate dans les ampoules, afin d'éviter le mélange des polymères qui se forment si promptement.

» On a trouvé, pour la chaleur de combustion, à volume constant,

$C^4H^4O^2$ gaz $+ O^{10} = 2C^2O^4 + 2H^2O^2$ liq.... $306^{Cal},4$; $309^{Cal},5$; $311^{Cal},7$; $302^{Cal},7$;
Moyenne.......... $307^{Cal},5$.

Ce qui fait, à pression constante : $+308^{Cal},4$.

» L'éther glycolique liquide donnerait : $+302^{Cal},3$.

» 3. En effet, la *chaleur de vaporisation* de l'éther glycolique $C^4H^4O^2$ a été trouvée $6^{Cal},2$ et $6^{Cal},0$; en moyenne $6^{Cal},1$.

» La *chaleur de dissolution* du liquide à 13°, dans 160 parties d'eau : $+1^{Cal},6$ et $+1^{Cal},4$; en moyenne $+1^{Cal},5$.

» 4. *Chaleur de formation depuis les éléments.* — On tire de là :

	Cal
C^4 (diamant) $+ H^4 + O^2 = C^4H^4O^2$ gaz, dégage..........	$+17,7$
$C^4H^4O^2$ liquide, dégage..........	$+23,8$
$C^4H^4O^2$ dissous dans l'eau..........	$+25,3$

» 5. *Formation de l'éther glycolique avec l'éthylène.* — La chaleur dégagée par la transformation de l'éthylène en éther glycolique :

$$C^4H^4 + O^2 = C^4H^4O^2 \text{ gaz, égale : } +33^{Cal}.$$

» Cependant cette réaction n'a pas lieu directement, mais par l'intermé-

diaire du brome, qui forme du bromure d'éthylène, transformable ensuite en oxyde. L'oxydation directe et ménagée de l'éthylène par l'acide chromique pur, par exemple, fournit au contraire de l'aldéhyde, de même que celle du camphène produit du camphre, d'après mes expériences. Je reviendrai tout à l'heure sur la comparaison entre l'éther glycolique et l'aldéhyde; mais je remarque dès à présent que la chaleur dégagée par la métamorphose de l'éthylène en éther glycolique est sensiblement la moitié de la chaleur de formation de l'aldéhyde gazeux avec les mêmes composants (+ 65,9); peut-être est-ce en raison de cette circonstance que l'éther glycolique n'a pas été observé; son isomère étant formé avec un dégagement de chaleur plus considérable, il prend naissance de préférence, ou peut-être résulte-t-il de sa transformation immédiate.

» Si nous comparons la formation de l'éther glycolique à celle des éthers d'alcools monoatomiques, envisagés comme oxydes, nous trouvons que le diméthyle

$(C^2H^3)^2 + O^2 = (C^2H^3O)^2$, dégagerait. . . . . + 44,1

chiffre du même ordre de grandeur, mais qui ne répond pas à un phénomène réel, le diméthyle ne reproduisant pas l'éther méthylique, même indirectement.

» Le changement du diméthyle en alcool

$C^4H^6 + O^2 = C^4H^6O^2$ gaz, dégagerait. . . . . + 55,0

Il répond à une transformation réalisable, quoique par voie indirecte, et dégage une quantité de chaleur fort voisine de celle de la formation de la vapeur d'eau (+ 59). Mais la fonction du produit, l'alcool, n'est pas exactement la même que celle de l'éther glycolique, l'alcool ordinaire étant un corps complet, incapable d'additions directes; tandis que l'éther glycolique est un corps incomplet, susceptible de s'unir par simple addition aux autres corps, au même titre que l'éthylène générateur.

» 6. La *transformation de l'éther glycolique en glycol par hydratation* s'effectue, comme on sait, aisément sous l'influence du temps et de l'échauffement. La chaleur qu'elle dégage est en effet considérable. Elle peut être calculée, d'après mes résultats, joints à ceux de M. Louguinine sur la chaleur de combustion du glycol : ce dernier étant formé dans l'état liquide et depuis les éléments

C^4 (diamant) $+ H^6 + O^4 = C^4H^6O^4$ liquide, dégage. . . . . + 111,7

» J'ai encore mesuré, comme nouveau terme de comparaison, la *chaleur de dissolution du glycol.*

» Deux expériences, faites à 19°,5 avec 1 partie de glycol et 90 parties d'eau, ont fourni :

$C^4H^6O^4$ liquide + eau, dégage .... $+1^{Cal},75$ et $+1^{Cal},73$
Moyenne............ $+1^{Cal},73$;

c'est-à-dire qu'il y a dégagement de chaleur, et probablement formation de certains hydrates, comme avec la glycérine et les divers alcools (1). Cela posé, la transformation de l'éther glycolique en glycol, transformation qui s'effectue aisément en chauffant la dissolution d'éther glycolique :

$C^4H^4O^2$ liquide + H^2O^2 liquide
$= C^4H^6O^4$ liquide, dégage.... $+111^{Cal},7 - 22^{Cal},8 + 69^{Cal} = +18^{Cal},9$

Tous les corps dissous : $+19^{Cal},1$.

» Ce chiffre est considérable et du même ordre de grandeur que l'hydratation de l'acide sulfurique anhydre et celle de la baryte, rapportées au même poids d'eau :

S^2O^6 solide + H^2O^2 liquide = $S^2O^8H^2$ liquide .... $+20^{Cal},4$
$2BaO$ solide + H^2O^2 liquide = $2(BaO, HO)$ solide........... $+17^{Cal},6$

» Comparons l'hydratation de l'éther glycolique à celle des composés organiques. Le rapprochement qui se présente tout d'abord, c'est la transformation de l'éthylène en alcool.

» Pour rendre les données comparables, il faut ici les calculer depuis l'éthylène gazeux :

C^4H^4 gaz + H^2O^2 liquide = $C^4H^6O^2$ liquide, dégage........ $+16^{Cal},9$
$C^4H^4O^2$ gaz + H^2O^2 liquide = $C^4H^6O^4$ liquide, dégage........ $+25^{Cal},0$

» On voit que la chaleur d'hydratation de l'éther glycolique surpasse notablement celle de l'éthylène; aussi la première métamorphose s'effectue-t-elle plus aisément que la seconde.

» Si nous voulons étendre cette comparaison à la transformation indirecte de l'éther ordinaire en alcool, nous observerons que

$C^4H^4(C^4H^6O^2)$ gaz + H^2O^2 liquide = $2C^4H^6O^2$ liquide, dégage........ $+7,0$

quantité bien moindre que la chaleur d'hydratation de l'éther glycolique.

(1) *Essai de Mécanique chimique*, t. I, p. 515.

Mais aussi nous avons affaire ici à deux ordres de travaux, l'hydratation de l'éther ordinaire étant accompagnée par le dédoublement de la molécule; ce qui n'a pas lieu avec l'éther glycolique.

» Avec l'éther ordinaire liquide, la chaleur dégagée est presque nulle : $+0,3$. Aussi la transformation de l'éther ordinaire en alcool exige-t-elle une énergie auxiliaire, agissant avec le concours de la production d'un composé intermédiaire, tel que l'acide éthylsulfurique, engendré par l'acide sulfurique, ou le peroxyde d'éthyle, engendré par l'ozone, d'après mes récentes expériences : ces composés, qui renferment une réserve d'énergie relative supérieure à l'éther ordinaire, sont en effet décomposables ultérieurement par l'eau, avec régénération d'alcool.

» 7. Examinons la substitution des corps halogènes à l'oxygène, substitution qui se produit dans deux sens inverses, suivant que l'on opère sur les composés des métaux ou sur ceux des métalloïdes. A cet égard, les dérivés éthérés viendraient se ranger auprès des métalloïdes, car :

$C^4H^4Br^2$ gaz $+ O^2 = C^4H^4O^2$ gaz $+ Br^2$ gaz, dégagerait ..... $+4,0$
C^4H^5Br gaz $+ O = C^4H^5O$ gaz $+ Br$ gaz, dégagerait ...... $+1,6$
C^2H^3Br gaz $+ O = C^2H^3O$ gaz $+ Br$ gaz, dégagerait ...... $+8,3$

» Les analogies entre l'éther glycolique et les éthers méthylique et éthylique se maintiennent donc ici. Mais il importe d'ajouter qu'il ne s'agit pas de réactions réelles, les composés des radicaux organiques complexes ne supportant pas, comme les oxydes et les bromures des éléments véritables, la haute température nécessaire pour opérer de telles substitutions.

» Au contraire, dans le cas des composés des radicaux organiques, comme dans celui des composés des éléments minéraux, il est facile d'opérer les substitutions inverses de l'oxygène par le brome, en faisant intervenir leurs combinaisons avec l'hydrogène et en tirant parti de cette circonstance que la chaleur de formation du gaz aqueux surpasse celle du gaz bromhydrique. En effet :

$C^4H^4O^2$ gaz $+ 2HBr = C^4H^4Br^2$ gaz $+ H^2O^2$ gaz, dégage .... $+28,0$
C^2H^3O gaz $+ HBr = C^2H^3Br$ gaz $+ HO$ gaz, dégage .... $+7,8$
C^4H^5O gaz $+ HBr = C^4H^5Br$ gaz $+ HO$ gaz, dégage .... $+14,4$

» Toutes ces réactions s'effectuent, en effet, directement.

» En présence d'un excès d'eau, elles peuvent être à leur tour renversées, avec formation des alcools eux-mêmes; mais toujours en vertu des principes thermochimiques, attendu que la chaleur d'hydratation de l'hy-

dracide changé en hydrate et celle de l'éther changé en alcool concourent au phénomène.

» 8. J'ai étudié l'action de la chaleur sur l'éther glycolique. Ce gaz, chauffé au rouge sombre dans une cloche courbe pendant une demi-heure, double de volume sensiblement, en donnant naissance à des volumes égaux d'oxyde de carbone et de formène :

$$C^4H^4O^2 = C^2O^2 + C^2H^4,\ \text{réaction qui dégage} \ldots\ldots + 26,2$$

» Elle est précédée par une première transformation, qui donne naissance à un liquide très volatil, condensé partiellement dans les parties froides de la cloche, lequel s'évapore ensuite complètement et disparaît pendant le cours de l'opération. C'est probablement de l'aldéhyde, produit par un premier changement isomérique. La décomposition finale est d'ailleurs la même que j'ai observée il y a quelque temps sur l'aldéhyde pur (1). Elle s'opère de la même manière lorsque le gaz est mêlé avec son volume d'hydrogène.

» 9. Le moment est venu d'examiner les relations entre l'éther glycolique et l'aldéhyde; il s'agit de l'un des cas d'isomérie les plus remarquables qui existent en Chimie; les deux corps étant formés des mêmes éléments, sous la même condensation, mais avec une fonction chimique différente. En général, d'après l'ensemble des faits connus, la perte d'énergie va croissant lorsqu'on passe d'un carbure à un alcool ou à un éther, formés par addition ou substitution des éléments de l'eau ; et elle augmente rapidement lorsqu'on fait intervenir des phénomènes d'oxydation, tels que les réactions susceptibles d'engendrer les aldéhydes et les acides. Il serait même facile de calculer les constantes, ou plutôt les valeurs thermiques moyennes, qui caractérisent chacune de ces réactions. Mais, ces valeurs changeant d'une série à l'autre, il me semble préférable d'insister surtout sur le signe et l'ordre de grandeur du phénomène. Ces inductions montrent que la perte d'énergie, depuis les éléments, doit être plus grande pour l'aldéhyde que pour l'éther glycolique. C'est en effet ce que confirme l'expérience, la chaleur de combustion du dernier corps étant notablement supérieure à celle du premier.

» En fait,

C^4 (diamant) $+ H^4 + O^2 = C^4H^4O^2$ dégage, en formant l'éther glycolique gazeux. + 17,7
en formant l'aldéhyde gazeux....... + 50,5

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. VI, p. 472.

» L'éther glycolique contient donc une réserve d'énergie bien plus considérable que l'aldéhyde; ce qui explique la grande plasticité du premier corps, son aptitude extrême à se polymériser, constatée par la formation de l'aldol et de ses dérivés, sa faculté de s'unir directement à l'eau et aux acides, parfois même dès la température ordinaire (chlorhydrate d'oxyde d'éthylène). Observons ici que l'éther glycolique et l'aldéhyde fournissent deux séries parallèles de composés isomères, en s'unissant avec deux molécules acides : les uns sont les éthers biatomiques du glycol, les autres les dérivés biacides de l'aldéhyde, composés moins stables que les éthers.

» La métamorphose même de l'éther glycolique en aldéhyde dégagerait $+32^{\text{Cal}},8$, ce changement de fonction étant accompagné d'une perte d'énergie, sans changement dans la condensation. Une telle transformation isomérique semble avoir lieu, en effet, sous l'influence de la chaleur, comme il a été dit plus haut; elle a lieu aussi dans les conditions de l'état naissant, car le glycol, sous l'influence du chlorure de zinc, fournit de l'aldéhyde, au lieu d'éther glycolique. Cela prouve que les transformations par hydratation ou déshydratation, opérées en présence des chlorures métalliques et autres agents modificateurs des isomères, ne conduisent pas à des conclusions certaines en ce qui touche les relations véritables de constitution des corps transformés. En effet, si l'on ne savait pas déshydrater le glycol, autrement que par les chlorures métalliques, on serait induit à conclure la constitution du glycol de celle de l'aldéhyde, en méconnaissant ses relations plus prochaines avec l'éther glycolique. Dans cet ordre de discussion, les relations thermiques offrent une importance capitale : la constitution de deux corps étant d'autant plus analogue, en général, qu'ils sont formés l'un au moyen de l'autre avec une moindre perte d'énergie.

» **10.** Insistons enfin sur les relations qui existent, d'une part, entre l'éthylène et l'aldéhyde et, d'autre part, entre l'éthylène et l'éther glycolique. L'aldéhyde seul devait être appelé *oxyde d'éthylène*, car il se forme directement, comme je l'ai montré, lorsqu'on oxyde l'éthylène avec ménagement; il en constitue à proprement parler le premier oxyde, l'acide acétique étant le second :

$$C^4H^4 + O^2 = C^4H^4O^2 \text{ (aldéhyde)},$$
$$C^4H^4 + O^4 = C^4H^4O^4 \text{ (acide acétique)};$$

la chaleur même dégagée dans les deux degrés d'oxydation est sensiblement proportionnelle à l'oxygène fixé, lorsqu'on prend tous les corps

sous la forme gazeuse : soit + 65,9 pour l'aldéhyde ; + 131,1 pour l'acide acétique.

» L'éther glycolique ne satisfait pas à ces relations de synthèse directe, n'étant pas formé par l'oxydation immédiate de l'éthylène, ni susceptible de former de l'acide acétique. Cependant on peut concevoir, comme il a été dit, que si l'éther glycolique ne se forme pas directement avec l'éthylène, mais l'aldéhyde, c'est que la production de ce dernier dégage plus de chaleur. A ce point de vue, on pourrait peut-être assimiler la métamorphose de l'éther glycolique dans l'aldéhyde isomère à celle de certains oxydes métalliques (oxyde de chrome et analogues) en oxydes isomères, formés avec dégagement de chaleur, et qui ont perdu, en même temps qu'une certaine dose d'énergie thermique, une partie même de leur activité chimique.

» J'ai poursuivi cette comparaison entre les réactions des oxydes minéraux et celles de l'éther glycolique jusque dans l'étude des combinaisons que l'éther glycolique forme avec les acides et spécialement avec l'acide chlorhydrique : je ferai bientôt connaître mes résultats. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la trajectoire des cyclones et sur les avertissements transmis par les câbles télégraphiques.* Remarques de M. **Faye** à propos d'une Note de M. le commandant Bridet.

« Une des plus brillantes conquêtes de la Science moderne, c'est assurément la découverte des lois des tempêtes. Tout le monde sait aujourd'hui que les tempêtes décrivent à la surface du globe des orbites régulières de forme à peu près parabolique, ayant leurs sommets du 25e au 30e degré de latitude et leur concavité dirigée à l'Est. Leur mouvement de translation, d'abord assez lent, puis de plus en plus accéléré, s'y effectue de gauche à droite, sur notre hémisphère, pour un observateur situé à l'intérieur de cette vaste courbe ; de droite à gauche sur l'hémisphère opposé. C'est par la seconde branche, la plus éloignée de l'équateur, que les tempêtes d'Amérique arrivent en Europe ; c'est par la première, la plus voisine de l'équateur, que les tempêtes australes de la mer des Indes frappent successivement les îles Rodrigues, Maurice, de la Réunion et de Madagascar.

» Le premier qui ait conçu l'idée simple et lumineuse de tirer, de cette loi toute géométrique des tempêtes, un moyen d'avertissement est l'auteur de la Lettre dont je vais donner lecture, M. le commandant Bridet, ancien chef de port à la Réunion. Il a montré, dans la deuxième édition

de son Ouvrage bien connu *Sur les ouragans de l'hémisphère austral*, que, si l'on établissait un câble électrique entre l'île Maurice et notre colonie, on serait en état, à Maurice, d'avertir la Réunion, dix-huit ou vingt-quatre heures d'avance, de l'arrivée et de la direction des tempêtes.

» Ce câble n'existait pas; l'auteur parlait pour l'avenir. Mais l'idée du commandant Bridet n'a pas été perdue pour cela : la même conception s'est présentée à l'esprit de l'éditeur du *New-York Herald*, qui a trouvé dans le câble transatlantique le moyen de la réaliser immédiatement avec la décision que les Américains mettent en toutes choses, et avec la largeur de vues et l'ampleur des moyens d'exécution si familières à M. Bennett. Depuis longtemps les ouragans qui traversent l'Atlantique sont signalés à l'Europe plusieurs jours à l'avance, chose que le public admirerait profondément si on lui faisait bien comprendre qu'il ne s'agit pas ici d'avertissements météorologiques ordinaires, mais d'une des plus nobles et des plus étonnantes conquêtes de la Science sur la nature. A peine est-il nécessaire d'ajouter que l'énorme distance des deux continents introduit, dans ces avertissements, une cause d'incertitude qu'on parviendra sans doute à restreindre ([1]), sans pouvoir l'effacer entièrement.

» Cette cause d'incertitude n'existe pas dans le projet dont M. Bridet s'est enfin décidé à poursuivre lui-même la réalisation. La distance des deux îles est assez faible pour qu'on puisse compter avec certitude sur les avertissements détaillés que l'Observatoire de l'île Maurice transmettra d'heure en heure à la Réunion. Je suis heureux de présenter à l'Académie la Lettre que M. Bridet vient d'adresser à ce sujet à M. le Ministre de la Marine et des Colonies, persuadé qu'elle accueillera avec intérêt l'espoir d'une belle et fructueuse application de la Science. Voici cette Lettre, dont je me suis permis seulement, pour la ramener aux dimensions imposées par le Règlement, de retrancher la discussion des voies et moyens. Je sais d'ailleurs que le Ministre, qui a longtemps parcouru et étudié ces mers australes en navigateur et en hydrographe, a accordé le plus vif intérêt au projet de M. Bridet; il a bien voulu m'autoriser à en donner communication à l'Académie. »

([1]) En occupant météorologiquement et télégraphiquement les îles de l'Atlantique placées sur le parcours de ces tempêtes.

Sur la nécessité d'un câble sous-marin entre la Réunion et Maurice.
Note de M. Bridet.

« La science cyclonomique, en découvrant les lois qui régissent les ouragans de l'hémisphère austral, a démontré d'une manière incontestable que ces ouragans étaient des tourbillons animés d'un double mouvement : l'un de rotation, très violent et très rapide, qui produit les désastres dont ces météores sont accompagnés; l'autre de translation, beaucoup plus lent, qui emporte l'ensemble du phénomène dans une certaine direction, d'un lieu vers un autre.

» Mais il est reconnu, en même temps, que le mouvement de translation se produit toujours dans le même sens, et que, dans l'hémisphère austral, la translation a lieu du nord-est au sud-ouest ou de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest; il en résulte que, de deux pays, celui qui est situé à l'est de l'autre est toujours frappé avant ce dernier, et c'est ce qui arrive pour les deux îles Maurice et de la Réunion, la première étant à plus de 100 milles dans l'est-nord-est de la seconde.

» Le mouvement de translation étant assez lent, les premières rafales d'un ouragan voyageant dans la direction des deux îles se font toujours sentir à Maurice dix-huit heures et même vingt-quatre heures avant de frapper la Réunion; d'où cette conclusion toute naturelle que, si un câble sous-marin reliait les deux îles, Maurice deviendrait, par rapport à la Réunion, un observatoire on ne peut mieux placé pour prévenir notre colonie du danger qui la menace.

» On n'a plus à démontrer cette vérité, affirmée tous les jours par les renseignements que l'Amérique fait parvenir à l'Europe. L'observatoire de Port-Louis rendrait à la Réunion les mêmes services, mais avec un degré de certitude de plus, ou plutôt avec une exactitude pour ainsi dire mathématique, à cause du peu de distance qui sépare ces deux îles.

» Tant qu'un cyclone se dirige sur ces deux îles sans les avoir encore frappées, on voit le baromètre baisser, la mer grossir, les symptômes alarmants se manifester; on sait d'une manière précise que le cyclone se rapproche, mais, ce qu'on ignore, c'est si sa course le dirigera au nord ou au sud, à l'est ou à l'ouest des pays qui doivent en ressentir les effets funestes.

» Mais, quand un cyclone a frappé antérieurement une autre contrée, quand on a constaté les variations du vent, l'incertitude cesse, et l'on peut affirmer d'une manière positive que le centre du météore a passé à telle ou telle distance du premier lieu d'observation, et que sa course a été et se continuera quelque temps dans telle direction.

» C'est ce qui est arrivé pour le cyclone qui a passé sur la Réunion le 21 janvier dernier. L'observatoire de Port-Louis savait le 20, à 6^h du soir, que le centre du cyclone passait à 50 ou 60 milles dans le nord, et que, sa course étant du nord-est au sud-ouest à raison de 7 milles par heure, la Réunion se trouvait juste sur le passsage de ce centre et qu'elle en serait atteinte le lendemain vers midi; tous les journaux enregistrèrent cette prévision, qui ne devait que trop malheureusement se réaliser.

» Pendant que l'observatoire de Port-Louis était si bien renseigné sur le danger qui nous menaçait, nous en étions, à Saint-Denis, à nous demander si le cyclone passerait au nord ou

au sud et à quelle distance; la direction du port de Saint-Denis faisait appareiller les navires et signalait que le cyclone passerait probablement au nord de l'île; les navires appareillés ne s'éloignaient pas de terre dans la crainte d'aller se jeter au milieu de l'ouragan, et, par le fait, ils en subirent toutes les fureurs, puisque le centre du cyclone a passé sur Saint-Denis.

» Cette incertitude sur la manœuvre à faire n'eût pas existé si à ce moment on avait pu dire aux navires : le centre du cyclone passera certainement sur l'île, mais ce sera demain seulement; prenez vos précautions et fuyez rapidement dans le nord pour vous éloigner; vous éviterez ainsi les conséquences fatales de l'ouragan qui nous menace.

» Il en est ainsi à chaque cyclone dont la Réunion peut être la victime, et il est indubitable que le câble sous-marin rendrait de tels services à la navigation, que nos marins seraient aussi en sûreté sur nos rades foraines que dans le port le mieux abrité.

» La métropole a donc un intérêt puissant dans l'établissement d'un câble sous-marin, qui deviendrait la sauvegarde de ses navires et le salut des équipages qui les montent; c'est une question d'humanité avant tout, et ce motif seul est de nature à engager le Gouvernement à étudier sérieusement cette question.

» Une autre raison milite encore en faveur de cette création : de toutes les colonies anglaises, Maurice est la seule qui ne soit pas reliée à l'Angleterre par un fil électrique, mais il est certain que cet état de choses ne peut pas durer; plusieurs fois déjà on a tenté de faire des contrats avec des compagnies, sans que cela ait abouti; on s'en occupe activement, et avant peu Port-Louis aura son câble sous-marin. Si donc la Réunion était déjà reliée à Maurice, elle se trouverait par le fait en communication avec la métropole, et le Gouvernement pourrait en quelques heures transmettre ses ordres à cette colonie, si éloignée aujourd'hui pour ses communications de la France.

» La métropole a ainsi un double intérêt dans l'établissement de ce câble sous-marin; quant à la colonie, elle en retirerait pour l'avenir, et chaque année, un bénéfice considérable.

» Prévenus à l'avance et à coup sûr de la venue prochaine d'un ouragan et de la direction certaine des premières rafales, ses habitants pourraient prendre des précautions pour la préservation, autant que possible, de leurs récoltes, de leurs usines, magasins et propriétés privées; les établissements de marine sauvegarderaient leurs chaloupes, leurs ponts, leurs magasins; les bateaux de côte rentreraient dans les bassins de refuge; toutes les précautions seraient prises pour préserver les édifices publics, et enfin les malheureux consolideraient leurs pauvres cases, qui sont toute leur fortune. »

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'intégration d'une équation différentielle linéaire du deuxième ordre dont dépend l'évection.* Note de M. **H. Gyldén.** (Extrait d'une Lettre adressée à M. Hermite.)

« La partie du rayon vecteur que j'ai appelée *évection* (voir *Comptes rendus*, 30 mai 1881) s'obtient en intégrant l'équation suivante :

$$\frac{d^2\rho}{dv_0^2} + \rho(1 + \Psi_1) = \Psi_0 + \Psi_2\rho^2 + \ldots.$$

En y négligeant les termes du troisième ordre, on aura l'équation plus simple

$$\frac{d^2\rho}{dv_0^2} + \rho(1 + \Psi_1) = \Psi_0,$$

dont l'intégration sera l'objet de la présente Communication.

» En supposant les expressions analytiques des fonctions Ψ_0 et Ψ_1 que voici,

$$\Psi_0 = \beta_0^{(0)} + \beta_1^{(0)} \cos(\lambda_1 v_0 + b_1^{(0)}) + \beta_2^{(0)} \cos(\lambda_2 v_0 + b_2^{(0)}) + \ldots,$$
$$\Psi_1 = \beta_0^{(1)} + \beta_1^{(1)} \cos(\lambda'_1 v_0 + b_1^{(1)}) + \beta_2^{(1)} \cos(\lambda'_2 v_0 + b_2^{(1)}) + \ldots,$$

il est aisé de voir qu'on peut, en négligeant toujours les termes du troisième ordre, remplacer l'équation dont il s'agissait par un système d'autres dont le type général est indiqué par l'équation ci-après,

$$(1) \qquad \frac{d^2 R_s}{dv_0^2} + [1 + \beta_0 + \beta_s \cos(\lambda_s v_0 + b_s)] R_s = U_s,$$

U_s étant un agrégat de termes périodiques et de produits en R_{s-1}, R_{s-2}, ... Ayant déterminé les R_s, on aura ρ au moyen de l'équation

$$\rho = R_0 + R_1 + R_2 + \ldots.$$

» Si nous introduisons une nouvelle variable x en posant

$$\lambda_s v_0 + b_s = \frac{\pi}{2K} 2x,$$

K étant l'intégrale elliptique complète de première espèce dont le module reste encore un moment indéterminé, on tire de l'équation (1) la suivante :

$$(2) \qquad \frac{d^2 R_s}{dx^2} + \frac{4}{\lambda_s^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 \left(1 + \beta_0 + \beta_s \cos\frac{\pi}{2K} 2x\right) R_s = \frac{4}{\lambda_s^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2 U_s.$$

» Cela étant, je rappelle le développement suivant (voir *Comptes rendus*, 31 janvier 1881) :

$$\cos\frac{\pi}{2K} 2x = \gamma_0^{(2)} + 2\gamma_2^{(2)} \cos 2\,\mathrm{am}\, x + 2\gamma_4^{(2)} \cos 4\,\mathrm{am}\, x + \ldots.$$

Les coefficients γ, qui ne dépendent que du module, forment une série très convergente si la valeur numérique de cette quantité est petite, de sorte qu'on peut regarder les coefficients $\gamma_0^{(2)}$ et $\gamma_4^{(2)}$ comme petites quantités de premier ordre.

» En désignant par n un nombre entier, je pose

$$n(n+1)k^2 = 16\gamma_2^{(2)}\frac{\beta_s}{\lambda_s^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2,$$

$$-h = \frac{4}{\lambda_s^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2(1+\beta_0+2\gamma_2^{(2)}\beta_s+\gamma_0^{(2)}\beta_s)$$

$$= \frac{4}{\lambda_s^2}\left(\frac{\pi}{2K}\right)^2(1+\beta_0+\gamma_0^{(2)}\beta_s)+\frac{n(n+1)}{2}k^2,$$

et j'obtiens, au moyen de l'équation (2), le résultat suivant :

$$(3)\qquad \begin{cases} \dfrac{d^2 R_s}{dv_0^2} - [n(n+1)k^2 \operatorname{sn} x^2 + h]R_s \\ \quad = \dfrac{4}{\lambda_s^2}\left(\dfrac{\pi}{2K}\right)^2 U_s - \dfrac{8\beta_s}{\lambda_s^2}\left(\dfrac{\pi}{2K}\right)^2(\gamma_4^{(2)}\cos 4\operatorname{am} x + \ldots)R_s. \end{cases}$$

Le nombre n étant entièrement arbitraire, on le déterminera de sorte que le module k devienne suffisamment petit; alors le dernier terme à droite a toujours une très petite valeur du troisième ordre, telle que nous le pouvons omettre dans la première approximation. L'équation (3) est donc ramenée à celle qui porte le nom de Lamé.

» Conformément à l'état de notre système planétaire, on peut le plus souvent mettre $n = 1$. Alors, en employant les désignations que vous avez utilisées dans vos travaux sur l'équation dont il s'agit, à savoir

$$h = -1 - k^2 + k^2 \operatorname{sn} \omega^2,$$

$$\chi(x) = \frac{H'(0)H(x+\omega)}{\Theta(\omega)\Theta(x)} e^{-\frac{\Theta'(\omega)}{\Theta(\omega)}(x-iK')+\frac{i\pi\omega}{2K}},$$

on a, comme vous avez montré,

$$R_s = C_1\chi(x) + C_2\chi(-x),$$

en supposant pour un moment la quantité U_s égale à zéro. Mais, en observant que λ_s est généralement plus petit que l'unité, on doit mettre $i\omega$ au lieu de ω. Or, en faisant

$$y_1 = \frac{H(x+i\omega)}{\Theta(x)} e^{-\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(i\omega)}x}, \quad y_2 = \frac{H(x-i\omega)}{\Theta(x)} e^{\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(i\omega)}x},$$

on aura pour l'intégrale complète de l'équation (3) l'expression

$$R_s = y_1\left(C_2 + \int\frac{W y_2\,dx}{y_2 y_1' - y_1 y_2'}\right) + y_2\left(C_2 - \int\frac{W y_1\,dx}{y_2 y_1' - y_1 y_2'}\right),$$

C_1 et C_2 désignant deux nouvelles constantes, et W la somme des termes à droite.

» On trouve aisément la valeur constante du dénominateur dans l'expression précédente. En effet, les valeurs de y_1 et de y_2 donnent immédiatement

$$y_2 y'_1 - y_1 y'_2 = y_1 y_2 \left(\frac{y'_1}{y_1} - \frac{y'_2}{y_2}\right)$$
$$= \frac{H(x+i\omega)H(x-i\omega)}{\Theta(x)^2}\left[\frac{H'(x+i\omega)}{H(x+i\omega)} - \frac{H'(x-i\omega)}{H(x-i\omega)} - 2\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(i\omega)}\right].$$

Au moyen des expressions connues,

$$\frac{H'(x+i\omega)}{H(x+i\omega)} - \frac{H'(x-i\omega)}{H(x-i\omega)} - 2\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(i\omega)} = -2\frac{\operatorname{sn} i\omega \operatorname{cn} i\omega \operatorname{dn} i\omega}{\operatorname{sn} x^2 - \operatorname{sn} i\omega^2},$$
$$\frac{H(x+i\omega)\,H(x-i\omega)}{\Theta(x)^2} = k\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(0)^2}(\operatorname{sn} x^2 - \operatorname{sn} i\omega^2),$$

on en déduit immédiatement la valeur demandée.

» Je me permets d'ajouter une remarque que je crois importante. En examinant la fonction $\frac{\Theta'(i\omega)}{\Theta(i\omega)}$ correspondant aux valeurs très petites de k, on trouvera qu'elle s'approche de la limite

$$i\left(\frac{2}{\lambda_s}\sqrt{1+\beta_0} - 1\right);$$

or, en désignant par $\frac{2\varkappa_s}{\lambda_s}$ une quantité qui disparaît avec k, on aura

$$y_1 = \frac{H(x+i\omega)e^{\frac{i\pi}{2K}x}}{\Theta(x)} e^{-i(\sqrt{1+\beta_0}+\varkappa_s)v_0 - \text{const.}}$$
$$y_2 = \frac{H(x-i\omega)e^{-\frac{i\pi}{2K}x}}{\Theta(x)} e^{i(\sqrt{1+\beta_0}+\varkappa_s)v_0 + \text{const.}}$$

» En ne considérant, dans notre équation différentielle, que les termes du premier ordre, on aura simplement

$$y_1 = e^{-iv_0 - \text{const}}, \quad y_2 = e^{iv_0 + \text{const}};$$

puis, pour avoir immédiatement un résultat plus exact, on peut conserver le terme β_0, de sorte qu'on ait

$$y_1 = e^{-i\sqrt{1+\beta_0}\,v_0 - \text{const}}, \quad y_2 = e^{i\sqrt{1+\beta_0}\,v_0 + \text{const}}.$$

» C'est dans la théorie des satellites de Jupiter que l'auteur de la *Mécanique céleste* a fait une application de cette forme; mais, n'ayant pas considéré les quantités que nous avons désignées par $\varkappa_s$, quelques coefficients ont dû être trouvés moins exacts.

» En outre, en comparant les résultats obtenus maintenant avec ceux qu'offrent les méthodes anciennes, on voit que les fonctions par lesquelles sont multipliées les constantes arbitraires n'ont pas la même forme. Au contraire, en employant une solution plus complète, on trouvera des termes qui échapperont entièrement dans les résultats fournis par les méthodes utilisées jusqu'à présent. On peut donc soupçonner qu'il y a, dans la théorie de la Lune et dans celle de quelques planètes, des termes appréciables dont l'origine est de la nature indiquée, mais qui ne sont connus que par une voie empirique. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

VITICULTURE. — *Effets produits par le sulfure de carbone sur les vignes du Beaujolais.* Lettre de M. **Henneguy** à M. Dumas.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Selon votre désir, je viens de passer quelques jours dans les environs de Lyon et dans le Beaujolais pour constater les effets produits sur les vignes par le sulfure de carbone.

» Au champ d'expériences de Saint-Germain-au-Mont-d'Or, le sulfure de carbone est employé depuis trois ans pour traiter les vignes phylloxérées. Cet insecticide est appliqué chaque année, à la fin de février et pendant le mois de mars, à la dose de 25^{gr} par mètre carré. Les ceps présentent l'aspect ordinaire des vignes traitées par le sulfure de carbone; les pampres sont d'un beau vert foncé. Il n'y a eu aucun accident, l'application ayant toujours été faite dans de bonnes conditions.

» Le champ d'expériences possède des vignes américaines de trois ans qui n'ont subi aucun traitement; elles ont une belle apparence, mais quelques ceps commencent cependant à souffrir. Le greffage n'a pas donné de très bons résultats : sur quatre cent quatre-vingt-cinq greffes de cépages français sur *Riparia, Elvira, Solonis,* etc., il n'y a que cent soixante-quinze réussites.

» J'ai visité avec soin les traitements faits par le syndicat de Villié-Morgon; le président, M. Sornay, a bien voulu m'accompagner et me montrer en détail les vignobles sulfurés. Les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont fort encourageants; nous n'avons constaté aucun accident dû à l'emploi du sulfure de carbone. Les vignes ont été très éprouvées par les gelées des deux derniers hivers, et elles commencent à souffrir un peu de l'extrême sécheresse que l'on a ici en ce moment.

» M. Sornay traite la plupart de ses vignes depuis trois ans; la première année il a employé environ 28^{gr} de sulfure par mètre carré, la deuxième 26^{gr} et la troisième 20^{gr}. Il n'a eu qu'à se féliciter de diminuer ainsi graduellement les doses de l'insecticide. Les taches ont été circonscrites et la reconstitution des ceps est manifeste.

» Le syndicat de Villié-Morgon comptait, l'année dernière, soixante-treize membres, qui ont traité 53^{ha}; cette année il compte cent trente-neuf membres qui se sont fait inscrire pour traiter 121^{ha}. Ces chiffres montrent que les vignerons ont confiance dans les traitements insecticides.

» Le champ d'expériences de Villié-Morgon ne date que de cette année; son emplacement a été choisi au milieu de vignes très maltraitées par le Phylloxera. Le traitement au sulfure de carbone ne paraît pas avoir produit beaucoup d'effet. De jeunes cépages français ont été plantés cette année en plein terrain phylloxéré et seront soumis au traitement dès l'année prochaine. Cette expérience sera intéressante à suivre.

» M. Gaudet, au château de Villié, a traité quelques vignes par le sulfocarbonate de potassium, et il les a sauvées; malheureusement cet excellent insecticide ne peut être appliqué que sur des points très limités, l'eau étant, en général, très rare dans le Beaujolais. M. Sornay désirerait cependant avoir une centaine de kilogrammes de sulfocarbonate de potassium pour traiter préventivement les jeunes plantiers, sur lesquels il fonde beaucoup d'espérance.

» Je n'ai constaté d'accidents produits par le sulfure de carbone que dans la commune de Durette et ses environs. Je dois me hâter de dire que ces accidents sont peu sérieux.

» M. Mouton, président du syndicat de Durette, a traité, pour la première fois, un certain nombre de points phylloxérés aux mois d'octobre et de novembre de l'année dernière. La dose de sulfure était de 5^{gr} par trou, ce qui faisait, vu la disposition des trous, environ 23^{gr} par mètre carré.

» On remarque un arrêt de végétation des ceps sulfurés, dont les sarments sont beaucoup plus courts que ceux des autres.

» Chez Mme Poidebard, à Régnié, et MM. Greppo et Humblot, à Vernus, le traitement par le sulfure de carbone a tué un certain nombre de ceps et a arrêté la végétation de la plupart des autres. La dose de l'insecticide a été de 7^{gr} par trou, et l'application a été faite au mois de novembre, par un beau temps, m'a-t-on assuré, le sol n'étant nullement humide. Je ne puis attribuer cet insuccès qu'au peu de profondeur du terrain qui, formé en majeure partie de sables granitiques, repose sur un sous-sol rocheux imperméable et n'a pas plus de $0^{m},50$ d'épaisseur. La dose de sulfure de carbone me paraît avoir été trop forte pour ce terrain, et une dose de 18^{gr} à 20^{gr} de sulfure par mètre carré doit être suffisante pour la plupart des côtes du Beaujolais.

» J'ai recherché, pendant mes excursions, l'existence de galles sur les vignes tant françaises qu'américaines, et je n'ai encore rien trouvé. Le chef de culture du champ d'expériences de Saint-Germain-au-Mont-d'Or m'a assuré avoir vu souvent des galles sur des cépages français, mais nous en avons cherché vainement ensemble. Je lui ai recommandé de me signaler les endroits où il en verrait. »

CORRESPONDANCE.

A la demande de Mlle *de Jouffroy*, la Communication présentée par M. de Lesseps, en son nom, dans la séance du 20 juin 1881, relativement à l'érection d'un monument à la mémoire de *Claude de Jouffroy*, est renvoyée à l'examen d'une Commission comprenant MM. de la Gournerie, Rolland, de Lesseps, Lalanne, Bresse.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, le second Volume de l'Ouvrage de M. *Heine*, intitulé « Handbuch der Kugelfunctionen, Theorie und Anwendungen ». (Présenté par M. Hermite.)

ASTRONOMIE. — *Éphéméride de la planète (103) Héra pour l'opposition de* 1881. Note de M. O. Callandreau, présentée par M. Mouchez.

Minuit, temps moyen de Berlin, 1881.	Ascension droite apparente.	Différence.	Déclinaison apparente.	Différence.	log Δ.	Temps d'aberration.
	h m s	s	° ′ ″			m s
Juillet 27..	21.37.10,07	−42,28	−14. 1.41,1	−6′. 3″,1	0,17683	12.28
28..	21.36.27,79	−43,16	−14. 7.44,2	−6. 7,6		
29..	21.35.44,63	−43,99	−14.13.51,8	−6.11,6		
30..	21.35. 0,64	−44,76	−14.20. 3,4	−6.15,3		
31..	21.34.15,88	−45,47	−14.26.18,7	−6.18,6	0,17323	12.22
Août 1....	21.33.30,41	−46,11	−14.32.37,3	−6.21,4		
2....	21.32.44,30	−46,70	−14.38.58,7	−6.23,8		
3....	21.31.57,60	−47,22	−14.45.22,5	−6.25,9		
4....	21.31.10,38	−47,69	−14.51.48,4	−6.27,5	0,17080	12.18
5....	21.30.22,69	−48,09	−14.58.15,9	−6.28,7		
6....	21.29.34,60	−48,43	−15. 4.44,6	−6.29,6		
7....	21.28.46,17	−48,70	−15.11.14,2	−6.30,0		
8....	21.27.57,47	−48,91	−15.17.44,2	−6.30,0	0,16957	12.16
9....	21.27. 8,56	−49,06	−15.24.14,2	−6.29,6		
10....	21.26.19,50	−49,15	−15.30.43,8	−6.28,8		
11....	21.25.30,35	−49,18	−15.37.12,6	−6.27,7		
12....	21.24.41,17	−49,13	−15.43.40,3	−6.26,2	0,16956	12.16
13....	21.23.52,04	−49,02	−15.50. 6,5	−6.24,3		
14....	21.23. 3,02	−48,85	−15.56.30,8	−6.21,9		
15....	21.22.14,17	−48,62	−16. 2.52,7	−6.19,2		
16....	21.21.25,55	−48,32	−16. 9.11,9	−6.16,1	0,17078	12.18
17....	21.20.37,23	−47,94	−16.15.28,0	−6.12,7		
18....	21.19.49,29	−47,49	−16.21.40,7	−6. 8,8		
19....	21.19. 1,80	−47,00	−16.27.49,5	−6. 4,6		
20....	21.18.14,80	−46,42	−16.33.54,1	−6. 0,0	0,17323	12.22
21....	21.17.28,38	−45,78	−16.39.54,1	−5.55,0		
22....	21.16.42,60	−45,07	−16.45.49,1	−5.49,8		
23....	21.15.57,53	−44,30	−16.51.38,9	−5.44,2		
24....	21.15.13,23	−43,47	−16.57.23,1	−5.38,4	0,17685	12.28
25....	21.14.29,76	−42,58	−17. 3. 1,5	−5.32,2		
26....	21.13.47,18	−41,63	−17. 8.33,7	−5.25,8		
27....	21.13. 5,55	−40,62	−17.13.59,5	−5.19,1		
28....	21.12.24,93	−39,56	−17.19.18,6	−5.12,2	0,18158	12.36
29....	21.11 45,37	−38,44	−17.24.30,8	−5. 5,0		
30....	21.11. 6,93	−37,28	−17.29.35,8	−4.57,6		
31....	21.10.29,65	−36,08	−17.34.33,4	−4.50,1		
Sept. 1....	21. 9.53,57		−17.39.23,5		0,18736	12.46

» D'après le *Jahrbuch*, la planète, de grandeur 9,2, sera en opposition le 11 août. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les queues des comètes.* Note de M. **Flammarion.**

« L'une des principales objections à la matérialité des queues cométaires est sans contredit celle du mouvement fantastique dont leurs particules constitutives devraient être animées lorsqu'au périhélie elles balayent l'espace en se maintenant constamment à l'opposé du Soleil, à peu près dans le prolongement du rayon vecteur, conservant la même apparence, et souvent absolument rectilignes, comme on l'a vu en 1680, 1843 et 1880, précisément dans le cas des périhélies les plus voisins du Soleil. M. Faye croit écarter cette difficulté en affirmant que la queue d'une comète ne forme pas un même tout, mais qu'elle est composée d'une série de bouffées successivement émises et chassées par une force répulsive venue du Soleil, sans qu'il subsiste entre elles d'autre liaison que la commune vitesse de translation qu'elles possédaient à leurs points de départ. M. Faye ajoute qu'il n'y a pas d'astronome qui croie que la queue d'une comète forme une traînée rigide liée au noyau, que, du reste, « le calcul s'applique parfaitement à ces phénomènes singuliers, mais non mystérieux ».

» Tout en regrettant d'émettre un doute sur ces assertions de mon illustre et vénéré maître, je me permettrai de rappeler à l'Académie les expressions mêmes de sir John Herschel à cet égard :

« Il y a, sans aucun doute, dans le phénomène des queues, quelque secret, quelque mystère profond de la nature. Peut-être n'est-ce pas une illusion d'espérer que, l'observation future appelant à son aide le raisonnement fondé sur les progrès de la Physique (surtout dans les branches qui se rapportent aux éléments de l'éther et des impondérables), nous pourrons pénétrer ce mystère et décider s'il y a réellement une matière, dans la propre acception du mot, projetée par la tête avec cette vitesse extravagante, sinon poussée, au moins dirigée dans sa course par une action en rapport avec le Soleil en tant que centre à éviter. Sous aucun aspect, cette question de la matérialité des queues n'est aussi embarrassante que lorsque nous considérons l'espace énorme qu'elles balayent autour du Soleil, vers le périhélie, sous la forme d'une ligne droite et rigide, en dépit des lois de la gravitation, s'étendant (comme on l'a vu dans les comètes de 1680 et 1843) depuis la surface du Soleil jusqu'à l'orbite de la Terre, tournant sans cesse, sans se briser, tout en parcourant, dans le dernier cas, un angle de 180° en 2 heures et quelques minutes! Si l'on pouvait concevoir quelque chose comme une *ombre négative*, une impression momentanée faite sur l'éther qui se trouve derrière la comète, on aurait, jusqu'à un certain point, l'idée à laquelle ce phénomène nous conduit irrésistiblement. »

» Ainsi s'exprime un astronome dont il serait difficile de suspecter la

compétence; ainsi se pose l'objection capitale que M. Faye détourne par une hypothèse, mais qu'il ne résout pas, ce qui serait pourtant du plus haut intérêt. On peut démontrer que la plus grande vitesse que l'attraction solaire puisse imprimer à une molécule quelconque est de 608 000 mètres par seconde, même dans le voisinage immédiat (à la surface même) de notre astre central. Toute molécule animée d'une vitesse supérieure à celle-là ne décrirait *aucune* orbite autour du Soleil, et elle s'échapperait de notre système, à moins d'y être ramenée par l'influence d'une planète ou maintenue par quelque autre cause inconnue. Or, lorsque la comète de 1843 a fait en deux heures le tour de la moitié de l'astre solaire, son noyau courait, au moment du périhélie, avec une vitesse de 550 000 mètres par seconde. A une faible distance du noyau, la queue était animée de la vitesse limite dont nous venons de parler. Quelle ne devrait donc pas être la force répulsive invoquée pour maintenir toutes ces molécules le long d'une même ligne idéale balayant l'espace! Mais on n'a jamais remarqué sur aucune comète de solutions de continuité, de dislocations, de bouffées, de détachements de flocons : la queue s'est montrée toujours homogène, plane, tranquille comme un simple rayon de lumière électrique. Si cette queue se renouvelait constamment par des particules nouvelles, ne resterait-il pas quelque trace des anciennes particules dans la région de l'espace abandonnée par la queue dans son étrange translation? Jamais on n'a rien vu d'analogue. D'ailleurs, lors même que ces particules seraient renouvelées, elles n'en seraient pas moins obligées de former, chacune pendant un certain temps, l'aspect observé, et par conséquent de se trouver sur une même ligne, sans cohésion toutefois, et d'y circuler, perdant ensuite leur lumière aussitôt qu'elles sortiraient de la limite régulière des queues observées. N'est-ce pas là une grande complication d'hypothèses?

» Pour moi, je me suis contenté de poser la question, sans prétendre la résoudre. J'ai seulement dit, sous forme interrogative :

« La parfaite transparence de ces traînées de lumière ne nous conduit-elle pas à penser qu'elles ne sont pas matérielles? Est-ce une illumination électrique de l'éther? Est-ce un mouvement excité par la comète elle-même à l'opposé du Soleil? Nous ne connaissons pas encore toutes les forces de la nature. »

» Les données de l'analyse spectrale semblent en faveur de la matérialité des queues; cependant, comment ne pas remarquer que, dans le même numéro des *Comptes rendus* où nous lisons le savant travail de M. Faye, les observations spectrales faites à l'Observatoire de Paris montrent, d'après

M. Wolf, que les bandes se manifestent autour du noyau, à peu près à la même distance de tous les côtés, mais « disparaissent dans la queue proprement dite; seul le spectre, très pâle, semble continu ; la nébulosité qui entoure le noyau contient donc seule des gaz incandescents. »

» Quant à la polarisation de la queue, présentée également en faveur de la matérialité, M. Wolf déclare qu'il n'a pu la constater et qu'il est très difficile de la distinguer de celle de l'atmosphère.

» Le même numéro des *Comptes rendus* publie la description de la photographie du spectre du noyau de la comète, due à M. Huggins, spectre indiquant la présence « du carbone, de l'hydrogène et de l'azote ». A cette Communication est joint un important commentaire de M. Berthelot, qui se résume ainsi (je cite les propres expressions de notre éminent chimiste) :

« Ces résultats me paraissent rendre vraisemblable l'origine électrique de la lumière propre des comètes... L'état de combinaison du carbone, de l'hydrogène et de l'azote et la présence de l'acide cyanhydrique fournissent un argument considérable en faveur de cette hypothèse. L'acétylène se produit toutes les fois que ses éléments, carbone et hydrogène, se trouvent en présence sous l'influence de l'arc électrique. Si l'on ajoute de l'azote, il se forme aussitôt de l'acide cyanhydrique, dont la formation électrique constitue peut-être le caractère chimique de l'azote le plus net et le plus prompt à manifester... Il n'est guère possible, d'ailleurs, de concevoir une combustion continue dans les matières cométaires, tandis qu'une illumination électrique est plus facile à comprendre. »

» N'est-ce pas là un acheminement vers la véritable solution du problème? L'illumination électrique, très intense dans le noyau, plus faible dans son entourage immédiat, ne se prolongerait-elle pas dans l'espace, chassée par l'électrisation contraire du Soleil? Le phénomène inexpliqué de ces longues queues, impondérables et transparentes, serait, dans ce cas, une simple excitation lumineuse de l'éther. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la vision des étoiles à travers les comètes.* Extrait d'une Lettre de M. Ch. André.

« .... Une ancienne observation de Piazzi Smith, confirmée par l'étude de la comète actuelle, semble indiquer qu'une étoile augmente d'éclat quand on la voit à travers le bord du noyau ou la queue d'une comète. Cette remarque a été vérifiée à l'Observatoire de Lyon par un de mes collaborateurs, M. Marchand; mais son observation montre plutôt une étoile *élargie* qu'un accroissement réel d'intensité, assez difficile à expliquer.

» Il me semble qu'il y a là un simple effet de diffraction dans les instru-

ments d'Optique, analogue à ceux que j'ai étudiés avec M. Angot à propos des passages de Vénus et de Mercure sur le Soleil. Il en résulterait, conformément aux observations de MM. Wolf et Thollon, et comme M. Schiaparelli l'a conclu de sa théorie sur les étoiles filantes, que les comètes sont des amas de matières dans lesquels se trouvent des noyaux solides ou liquides ; la mesure de l'élargissement de l'image permettrait même de déterminer la dimension moyenne des noyaux. Je me propose de revenir sur cette explication. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une fonction analogue aux fonctions modulaires.* Note de M. **H. Poincaré**, présentée par M. Hermite.

« Soit l'équation linéaire

$$(1)\qquad \frac{d^2y}{dx^2} = y\left[\sum_{i=0}^{n} \frac{B_i}{x-a_i} - \frac{1}{4}\sum_{i=0}^{n} \frac{1}{(x-a_i)^2}\right],$$

où je suppose

$$\Sigma B_i = \Sigma a_i B_i - \frac{n+1}{4} = \Sigma a_i^2 B_i - \tfrac{1}{2}\Sigma a_i = 0,$$

de telle façon que $x=\infty$ ne soit pas un point singulier. Je puis toujours supposer

$$a_0 = 0,\quad a_1 = 1,\quad a_2 = 2,$$

car, si cela n'était pas, un changement linéaire de variable amènerait a_0, a_1 et a_2 à être égaux à 0, 1 et 2.

» Joignons maintenant le point $a_0 = 0$ aux points singuliers $a_1, a_2, \ldots, a_n$ par des arcs de courbe $C_1, C_2, \ldots, C_n$, de telle façon que ces arcs ne se coupent pas et se succèdent autour de a_0 dans l'ordre circulaire $C_1, C_2, \ldots, C_n$. Faisons maintenant décrire à x le contour suivant : partant de a_0, cette variable suivra l'arc C_1 et reviendra à a_0 par ce même arc après avoir décrit un petit contour autour de a_1 ; elle décrira ensuite l'arc C_2, tournera autour de a_2 et reviendra à a_0 en suivant le même arc C_2; puis de même de chacun des arcs $C_3, C_4, \ldots, C_n$.

» Elle occupera ainsi successivement les positions suivantes :

$$a_0\ (1^{\text{re}}\text{ fois}),\quad a_1,\ a_0\ (2^{\text{e}}\text{ fois}),\quad a_2,\ a_0\ (3^{\text{e}}\text{ fois}),\quad a_3,\ \ldots,$$
$$a_0\,(n^{\text{ième}}\text{ fois}),\quad a_n,\ a_0\ \left[(n+1)^{\text{ième}}\text{ fois}\right].$$

» Soient

$$\beta_1,\ \alpha_1,\ \beta_2,\ \alpha_2,\ \beta_3,\ \alpha_3,\ \ldots,\ \beta_n,\ \alpha_n,\ \beta_1$$

les valeurs correspondantes d'une fonction z que je définis comme le rapport de deux intégrales de l'équation (1).

» 1° Si l'on regarde les a comme des constantes, de telle sorte que les α et les β soient fonctions des B seulement, les α et les β seront des fonctions holomorphes des B pour toutes les valeurs finies de ces quantités.

» 2° Ne considérons plus maintenant les a comme des constantes; mais, au lieu de regarder les α et les β comme fonctions des a et des B, considérons au contraire les a et les B comme fonctions des α et des β :

$$a_i = \varphi_i(\alpha_1, \beta_1, \ldots, \alpha_n, \beta_n), \quad B_i = \psi_i(\alpha_1, \beta_1, \ldots, \alpha_n, \beta_n).$$

» Remarquons d'abord que les variables α et β ne sont pas indépendantes, mais qu'il y a entre elles la relation

$$(2)\quad (\beta_1-\alpha_1)(\beta_2-\alpha_2)\ldots(\beta_n-\alpha_n) = (\alpha_1-\beta_2)(\alpha_2-\beta_3)\ldots(\alpha_{n-1}-\beta_n)(\alpha_n-\beta_1).$$

» Les φ et les ψ seront des fonctions *toujours uniformes et méromorphes* des variables α et β liées par la relation (2). Ce système de fonctions uniformes me paraît jouer, par rapport aux intégrales de l'équation (1), le même rôle que les fonctions modulaires par rapport aux intégrales elliptiques.

» 3° Les fonctions φ et ψ ne changent pas quand on change les α et les β de telle façon que le rapport anharmonique de quatre de ces quantités demeure invariable.

» 4° Les fonctions φ et ψ ne changeront pas non plus quand on fera subir aux α et aux β des opérations convenables, et il résulte de là, pour ces fonctions, de remarquables propriétés d'invariance. Dans le cas général, l'énoncé de ces propriétés m'entraînerait trop loin. Supposons donc $n = 3$ pour fixer les idées.

» Soient $\alpha'_1, \beta'_1, \alpha'_2, \beta'_2, \alpha'_3, \beta'_3$ des quantités définies par les équations

$$\alpha'_1 = \alpha_1, \quad \alpha'_3 = \alpha_3, \quad \beta'_2 = \beta_3,$$

$$\frac{1}{\beta'_1-\alpha_1} = \frac{1}{\beta_3-\alpha_1} + \frac{1}{\beta_1-\alpha_1} - \frac{1}{\beta_2-\alpha_1},$$

$$\frac{1}{\alpha''_2-\alpha_1} = \frac{1}{\alpha_2-\alpha_1} + \frac{1}{\beta_1-\alpha_1} - \frac{1}{\beta_2-\alpha_1},$$

$$\frac{1}{\alpha'_2-\alpha_3} = \frac{1}{\alpha''_2-\alpha_3} + \frac{1}{\beta_3-\alpha_3} - \frac{1}{\beta_1-\alpha_3},$$

$$\frac{1}{\beta'_3-\alpha_3} = \frac{1}{\beta'_1-\alpha_3} + \frac{1}{\beta_3-\alpha_3} - \frac{1}{\beta_1-\alpha_3};$$

on aura

$$\varphi(\alpha'_1, \beta'_1, \alpha'_2, \beta'_2, \alpha'_3, \beta'_3) = \varphi(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, \alpha_3, \beta_3),$$
$$\psi(\alpha'_1, \beta'_1, \alpha'_2, \beta'_2, \alpha'_3, \beta'_3) = \psi(\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2, \alpha_3, \beta_3).$$

» De cette relation d'invariance on peut en déduire deux autres par des permutations circulaires d'indices. En combinant ensuite ces trois équations d'invariance, on en obtiendra une infinité d'autres.

» 5° Si les α et les β sont réels et de telle sorte que

$$(3) \qquad \beta_1 < \alpha_1 < \beta_2 < \alpha_2 < \beta_3 < \alpha_3 < \ldots < \beta_n < \alpha_n,$$

x sera fonction fuchsienne de z.

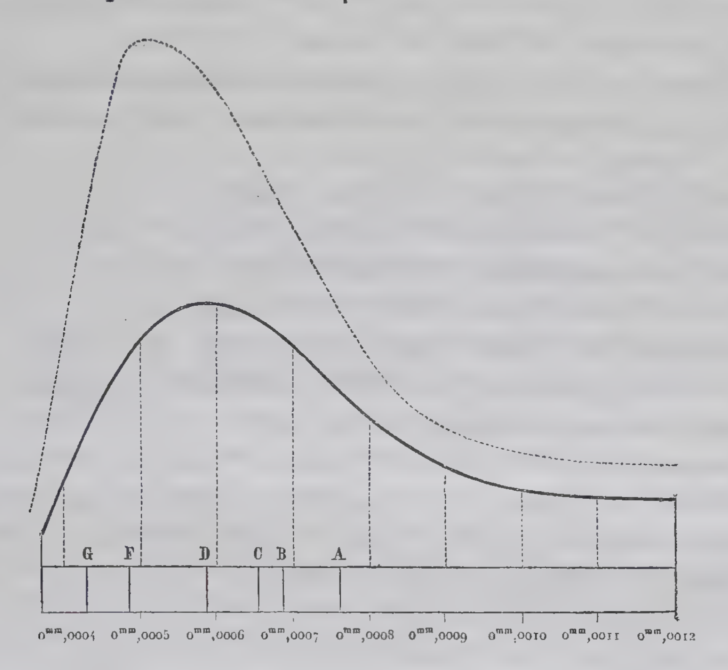
» Si les α et les β sont imaginaires, mais suffisamment voisins de quantités réelles satisfaisant aux inégalités (3), x sera encore fonction uniforme (kleinéenne) de z; si, au contraire, les α et les β s'éloignaient trop de valeurs réelles satisfaisant aux inégalités (3), x cesserait d'être fonction uniforme de z. »

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Distribution de l'énergie dans le spectre normal.* Note de M. LENGLEY, extraite par M. Faye.

« L'Académie connaît, par mes précédentes Communications, l'instrument de mesure que j'ai substitué à la pile thermo-électrique et le haut degré de sensibilité de ce nouvel instrument. Je suis aujourd'hui en état de soumettre à son appréciation les résultats que j'ai obtenus sur la portion du spectre normal (de diffraction) qui se trouve comprise entre les longueurs d'onde de $0^{mm},00035$ et de $0^{mm},00120$. En réalité, j'ai été jusqu'à $0^{mm},00300$; mais je me bornerai aujourd'hui à la partie susdite, comprenant tout le spectre visible avec des parties de l'ultra-violet et de l'ultra-rouge. L'appareil ne comporte ni collimateur ni lentille quelconque, mais un simple miroir d'argent pour former l'image spectrale. L'effet des spectres superposés a été complètement éliminé, et les absorptions sélectives du miroir et du métal sur lequel était tracé le réseau ont été déterminées avec soin sur des rayons homogènes, avec une exactitude bien suffisante pour calculer les petites corrections qui en dépendent.

» Les résultats consignés dans les courbes ci-jointes ont été déduits de plus de 15000 mesures effectuées dans le cours de cette année. Cependant,

si l'on songe aux changements rapides de la transparence de notre atmosphère, il faudra plusieurs années pour donner à ces résultats toute la



précision qu'on est en état d'atteindre aujourd'hui par l'emploi du bolomètre.

» 1° *Courbe pleine représentant le spectre normal ayant subi l'absorption zénithale de notre atmosphère.* — En représentant par 1000 la déviation maximum du galvanomètre pour $\lambda = 0^{mm},00052$, les ordonnées de la courbe pleine qui représente l'énergie de chaque radiation émise par un soleil au zénith et reçues sur la Terre seront :

A $\lambda =$ 35.....	145	A $\lambda =$ 80.....	581
40.....	302	90.....	390
50.....	837	100.....	293
60.....	975	110.....	274
70.....	846	120.....	260

» On voit combien l'énergie est faible dans l'ultra-violet; la hausse rapide vers le bleu contraste avec la lente dégradation vers le rouge, et, au lieu même du maximum qu'on place ordinairement dans cette région, il n'y a réellement qu'un point d'inflexion. Enfin, on voit que la courbe dite *de lumière* coïncide presque exactement avec celle dite *de chaleur*, au lieu de s'en séparer totalement comme on l'a cru jusqu'ici. Il en résulte que les

effets lumineux de l'énergie solaire sur la rétine sont (approximativement, bien entendu) proportionnels à ceux de la chaleur sur le thermomètre, tandis qu'il n'y a plus rien de pareil pour la sensibilité exceptionnelle de certains sels d'argent à l'égard des rayons ultra-violets.

» 2° *Courbe pointillée du spectre normal avant l'absorption par l'atmosphère terrestre.* — La détermination de la constante solaire, c'est-à-dire de la quantité d'énergie versée sur la Terre par le Soleil est fondée sur une méthode dejà indiquée dans les *Comptes reudus,* t. XCII, p. 702. Mes travaux à ce sujet seront considérés, je l'espère, par les physiciens français comme un utile complément de ceux de Pouillet et de MM. Desains, Crova, Violle, etc. Il était de mon devoir de les communiquer au même corps savant auxquels ces savants se sont déjà adressés. Ma méthode consiste à opérer sur des rayons homogènes; elle est difficile à appliquer, mais elle est du moins en accord complet avec la théorie. Voici un exemple numérique. Prenons les radiations de $0^{mm},0008$, $0^{mm},0005$ et $0^{mm},0004$ de longueur d'onde, et opérons sur les spectres produits lorsque le Soleil est à la distance zénithale de $28° 13'$, puis à celle de $66° 22'$. Je trouve 355, 472, 87 pour les déflexions de mon bolomètre à midi, par $28° 13'$; puis, à $66° 22'$, ces nombres se réduisent à 245, 239, 34. La masse d'air traversée dans les deux cas a des épaisseurs proportionnelles aux sécantes des distances zénithales, c'est-à-dire aux nombres 1,135 et 2,495. On en déduit par le calcul, outre les valeurs 0,76, 0,61, 0,50 des coefficients de transmission a, b, c, celle des énergies originales A, B, C des mêmes radiations avant l'entrée dans l'atmosphère, à savoir $A = 484$, $B = 833$, $C = 191$. On a construit, en opérant ainsi sur les rayons des diverses réfrangibilités, la courbe du spectre normal extra-terrestre représentée sur la figure par une ligne pointillée. Cette courbe-là n'est pas encore déterminée avec la précision que possède la courbe pleine du spectre transmis par notre atmosphère. Aussi, dois-je réserver pour une Communication ultérieure les éléments numériques qui s'y rapportent. On voit cependant avec netteté l'énorme absorption que l'énergie solaire a dû subir pour venir jusqu'à nous, surtout dans le bleu, et le déplacement du maximum qui, de la région de la raie D, passe dans celle du bleu. J'en conclus que la lumière du Soleil, vue hors de notre atmosphère, serait, non pas blanche, comme on le croit, mais fortement teintée de cette couleur. C'est une étude que je vais compléter, cet été même, sur les cimes de la Sierra Nevada, en Californie, de manière à être en état de vérifier mes trois spectres normaux du Soleil : 1° après la double absorption des deux atmo-

sphères ; 2° après celle de l'atmosphère du Soleil seulement ; 3° avant toute absorption extérieure à la photosphère. »

OPTIQUE. — *Sur une méthode permettant d'amplifier les déplacements du plan de polarisation de la lumière.* Note de M. HENRI BECQUEREL.

« Lorsque des rayons lumineux monochromatiques, polarisés rectilignement, traversent une lame cristalline *demi-onde*, les rayons émergents sont, comme on le sait, polarisés rectilignement dans un plan qui, par rapport à l'axe de la lame cristalline, est symétrique du plan de polarisation des rayons incidents. Cette propriété d'une lame *demi-onde* peut être mise à profit pour doubler et tripler les mesures des déplacements du plan de polarisation de la lumière.

» On peut opérer notamment de la manière suivante :

» Après avoir disposé une expérience dans laquelle on se propose de mesurer une rotation du plan de polarisation de la lumière, on commence par fixer avec le plus grand soin, au moyen de l'analyseur, la position initiale du plan de polarisation des rayons lumineux incidents ; puis, en avant de l'analyseur, on interpose une lame *demi-onde* que l'on fait tourner sur elle-même jusqu'à ce que le plan de polarisation des rayons lumineux ne soit pas dévié par leur passage au travers de cette lame. Dans cette position, l'axe de la lame cristalline coïncide avec le plan de polarisation des rayons étudiés, ou lui est perpendiculaire.

» Ce premier réglage effectué, on produit le phénomène physique qui doit donner lieu à la rotation cherchée ; ce sera, soit l'interposition d'une substance douée d'un pouvoir rotatoire naturel, soit une influence magnétique, soit un autre phénomène.

» On observe alors, au travers de la lame cristalline, une rotation égale et de sens contraire à celle qui s'est réellement produite. Sur le cercle divisé au centre duquel est monté l'analyseur, on fixe la position du plan de polarisation ainsi observé, puis on retire la lame *demi-onde*. On reçoit alors sur l'analyseur les rayons lumineux polarisés dans la direction même qui leur a été donnée par l'expérience que l'on avait en vue, et l'on détermine cette direction sur le cercle divisé. L'angle des deux plans de polarisation, symétriques par rapport à leur position initiale, est double de l'angle que l'on aurait observé directement sans faire usage de la lame *demi-onde*.

» Dans cette seconde position, on peut replacer la lame cristalline de

façon qu'elle ne donne lieu à aucune nouvelle déviation du plan de polarisation, puis on fait cesser le phénomène étudié. Le plan de polarisation des rayons lumineux qui ont traversé la lame, au lieu de revenir à sa position initiale, est rejeté symétriquement de l'autre côté de l'axe de cette lame. L'angle entre les déviations extrêmes obtenues par les diverses opérations que nous venons d'indiquer est triple de celui que l'on aurait obtenu par une mesure directe.

» Cette méthode peut être employée dans un grand nombre de circonstances; elle est particulièrement applicable au système de deux plans de polarisation formant entre eux un angle invariable, tels qu'on les obtient avec un polarimètre à pénombres, notamment un nicol coupé. Les déterminations se font alors avec une grande facilité et une grande précision.

» Dans un travail en cours d'exécution, j'ai eu l'occasion de faire usage de la disposition expérimentale que je viens de décrire, et qui m'a donné les meilleurs résultats.

» Une observation ordinaire se compose de deux visées, susceptibles chacune d'une erreur; la méthode précédemment exposée en comporte quatre pour la double déviation et six pour la déviation triple. Il convient donc d'établir si les mesures ainsi faites ont une précision plus grande que les mesures directes.

» Si l'on disposait chaque fois rigoureusement l'axe de la lame *demi-onde* en coïncidence avec le plan de polarisation des rayons incidents ou avec le plan bissecteur du système à pénombres, il est évident que la même précision de mesure appliquée à des angles doubles ou triples diminuerait dans la même proportion les erreurs probables. La précision de la méthode dépend donc de la perfection du réglage préalable. Or, avec le polarimètre à pénombres, par exemple, un petit écart entre l'axe de la lame cristalline et le plan de symétrie du polariseur donne lieu à une variation double dans la position relative des deux plans de polarisation, de sorte que la sensibilité de l'observation est considérablement augmentée, et que le réglage se fait avec une précision beaucoup plus grande que celle des mesures ordinaires.

» En discutant l'influence perturbatrice d'un petit écart entre la position réelle du plan de symétrie du polariseur et la position initiale du plan principal de l'analyseur, on reconnaît que l'erreur commise sur l'orientation de l'axe de la lame cristalline est environ moitié moindre et que, si toutes les visées sont faites avec la même précision, l'emploi de la méthode précédente réduit les erreurs d'observation environ aux trois quarts

de leur valeur pour les doubles déviations et aux deux tiers pour les déviations triples.

» On trouve en outre dans les diverses déterminations un contrôle mutuel très précieux qui permet de fixer la valeur de l'approximation que comportent les nombres obtenus.

» Les considérations qui précèdent m'ont engagé à présenter à l'Académie cette méthode nouvelle, qui, par la simple interposition d'une lame cristalline convenablement choisie, permet d'augmenter la précision des mesures relatives à divers phénomènes de *polarisation rotatoire* dont l'observation est parfois d'une extrême délicatesse. »

PHYSIQUE. — *Sur les vitesses de propagation de l'inflammation dans les mélanges gazeux explosifs.* Note de MM. **Mallard** et **Le Chatelier**, présentée par M. Daubrée.

« Nous avons décrit, dans les pièces annexées aux procès-verbaux de la Commission du Grisou, le procédé expérimental au moyen duquel nous avons mesuré la vitesse de propagation de la flamme dans un mélange d'air et de grisou. Ce procédé se prête assez mal à l'observation des vitesses de propagation un peu considérables. Pour mesurer les vitesses propres à divers mélanges détonants, nous avons eu recours à la mesure directe de la durée de la propagation dans un tube de longueur connue. A chaque bout de ce tube sont placées en regard les extrémités de deux fils métalliques reliés à une bobine d'induction. Ces deux extrémités sont assez écartées pour que l'étincelle ne jaillisse entre elles qu'au moment du passage de la flamme ; le courant qui se produit alors vient actionner un enregistreur Deprez.

» Ce système est délicat et un peu capricieux ; nous l'avons remplacé, au moins pour les mélanges à forte vitesse, par le suivant. A chaque extrémité du tube on pratique latéralement un orifice assez étroit débouchant dans un tube en caoutchouc qui se termine dans une petite chambre fermée par une membrane élastique. Sur cette membrane s'appuie un style très léger. La flamme, passant en regard de l'orifice, le traverse et va produire une petite détonation dans la portion avoisinante du tube de caoutchouc, portion remplie de mélange détonant. La membrane se gonfle, le style se déplace, et ce déplacement s'enregistre sur un cylindre tournant, dont la vitesse constante est connue par les enregistrements des vibrations d'un diapason. On s'est assuré que la différence du retard dans les enregistre-

ments des déplacements des deux styles est négligeable, la durée de la propagation de l'onde dans chacun des tubes, d'ailleurs égaux entre eux, ne dépassant pas $\frac{1}{2}$ centième de seconde.

» La propagation de l'inflammation dans une enceinte ne se fait d'ailleurs avec la vitesse normale que lorsque la partie non encore enflammée reste en repos pendant toute la durée du phénomène. Lorsqu'il en est autrement, les mouvements qui se produisent dans cette portion du gaz peuvent, s'ils sont intenses, accroître si fortement la rapidité de la propagation, que celle-ci devient presque instantanée. Ce fait, très important à tous égards, et particulièrement intéressant pour l'étude des explosions de grisou, nous avait été obligeamment signalé par M. Schlœsing, qui a fait sur ce sujet, avec M. de Mondésir, des observations nombreuses, restées malheureusement presque inédites. Nous l'avons vérifié dans des circonstances assez variées. C'est ainsi que nous avons constaté que, dans un tube ouvert à une extrémité et fermé à l'autre, les choses se passent d'une façon très différente suivant qu'on met l'inflammation du côté de l'extrémité libre ou du côté de l'extrémité fermée.

» Dans le premier cas, si la vitesse normale de propagation n'est pas trop grande, la portion non brûlée du gaz reste sensiblement en repos, et la flamme se propage dans le tube sans bruit et avec une vitesse à peu près égale à la vitesse normale. Dans le second cas, l'énorme dilatation du gaz brûlé produit dans la masse gazeuse des mouvements très intenses ; aussi, même avec des mélanges à faible vitesse normale, l'extrême rapidité de la propagation s'annonce par une forte détonation [1]. Dans ces conditions, anomales au point de vue de nos recherches, nous n'avions pas songé à mesurer la vitesse effective de la propagation, lorsque M. Berthelot voulut bien nous communiquer les expériences dont il a entretenu l'Académie dans sa dernière séance. Nous avons alors fait avec notre appareil les observations suivantes. Le mélange de 1^{vol} de gaz tonnant de H et O et de 1^{vol} de H nous a donné, dans un tube enflammé vers l'extrémité fermée, une vitesse effective supérieure à 1000^{m} ; le mélange tonnant d'hydrogène et d'air, une vitesse au plus égale à 300^{m}.

» Même lorsque l'inflammation est mise du côté de l'extrémité ouverte du tube, si la vitesse de propagation normale dans le gaz est trop considérable, l'expansion du gaz brûlé ne se fait pas tout entière du côté de l'extrémité

---

[1] Nous avons même constaté que cette rapidité de marche de la flamme peut entraîner l'extinction de celle-ci, qui n'arrive pas alors à parcourir le tube tout entier.

ouverte, et des mouvements violents peuvent encore se produire dans la masse non brûlée. C'est ce que l'on observe, par exemple, avec les mélanges tonnants de grisou et d'oxygène ou d'hydrogène et d'oxygène. Avec ce dernier, et dans un tube de $1^m,35$ de long, nous avons mesuré une vitesse effective de 570^m par seconde. Mais cette vitesse, peu constante d'ailleurs d'une expérience à l'autre, s'accélère considérablement à mesure que la flamme s'avance dans le tube. En réduisant la longueur de celui-ci, on réduit donc la vitesse moyenne. Dans un tube de $0^m,347$ de longueur, nous avons observé pour le mélange tonnant d'hydrogène et d'oxygène des vitesses de 70^m et 100^m seulement. On arrive à réduire cette vitesse à 40^m, chiffre encore trop fort, en prolongeant en outre le tube par un autre tube de grande longueur et de même diamètre qu'on laisse rempli d'air.

» Avec des mélanges moins rapides que celui d'hydrogène et d'oxygène, l'inflammation par le côté ouvert du tube ne donne pas lieu aux mêmes effets perturbateurs, et les expériences deviennent concordantes. Toutefois quelques irrégularités dans la marche de la flamme se constatent encore à l'œil dans des tubes de verre. La vitesse paraît accélérée dans le voisinage des ventres de vibration, sans doute parce que le mouvement vibratoire y facilite un brassage du gaz. Ces irrégularités, qui s'atténuent d'ailleurs beaucoup lorsqu'on prolonge le tube à expérience par un autre tube de même section et de grande longueur, ne permettent pas de fixer les vitesses normales de propagation avec une approximation supérieure à $\frac{1}{10}$ de leur valeur.

» Voici quelques-uns de nos résultats numériques :

H et O.		H et air.		CO et O.		Gaz d'écl. et air.	
vol	m		m		m		m
Mél. tonn. $+\frac{1}{3}$O...	17,3	0,20 H...	2,0	CO + O...	2,2	0,125 gaz..	0,83
» $+1$ O...	10,0	0,25	2,8	»		0,15.....	1,00
» $+\frac{1}{2}$H...	18,0	0,30	3,4	»		0,175....	1,16
» $+1$ H...	11,9	0,35	4,1	»		0,20.....	0,9
» $+2$H...	8,1	0,40	4,4	»		»	
»		0,50	3,8	»		»	
»		0,60	2,3	»		»	

» On remarquera que, pour les mélanges d'hydrogène et d'air, le maximum de vitesse se produit pour un mélange tenant environ 10 pour 100 d'hydrogène de plus que le mélange tonnant théorique. L'anomalie est analogue à celle que nous avons constatée pour les mélanges de grisou et d'air; elle a sans doute la même cause et doit être attribuée à la grande conductibilité calorifique relative de l'hydrogène.

» Les nombres qui se rapportent aux mélanges de H et O sont sans doute

trop forts; ils conduiraient, pour le mélange tonnant, à une vitesse peu supérieure à 20^m.

» Lorsque les gaz sont chauffés, la vitesse de propagation augmente. Le mélange contenant 0,30H et 0,70 air possède à 100° une vitesse égale à $4^m,30$ environ.

» Le diamètre du tube n'influe notablement sur la vitesse que lorsqu'il est très petit. Le mélange de 0,30H et 0,70 air conserve encore une vitesse de $3^m,4$ dans un tube de 3^{mm} de diamètre; mais cette vitesse est réduite à $1^m,72$ et la propagation peut même s'arrêter dans un tube de $0^{mm},9$ de diamètre. Le diamètre suffisant pour arrêter la flamme est d'ailleurs d'autant plus grand que la vitesse de propagation est plus faible. La flamme du mélange le plus détonant d'air et de grisou ne se propage pas dans un tube de $3^{mm},2$ de diamètre. »

OPTIQUE. — *Sur le dédoublement et l'élargissement des bandes de l'arc-en-ciel.* Note de M. **Ch. Ritter.**

« L'arc-en-ciel est défini par deux systèmes distincts de cônes semblables, à axes parallèles, et dont les sommets sont respectivement sur chacun des deux yeux. Au voisinage immédiat de l'observateur, ces deux systèmes de cônes sont entièrement séparés et extérieurs l'un à l'autre, et ce n'est qu'à une certaine distance, $1^m,50$ environ pour un écartement des deux yeux de $0^m,07$, que ces cônes commencent à se croiser par pénétration.

» Une construction géométrique montre de suite ce qui doit arriver selon que les gouttes éclairées et les plus rapprochées de l'observateur seront en deçà en au deçà du lieu de pénétration des cônes.

» Nous supposerons, pour simplifier, la ligne des deux yeux horizontale. Si les gouttelettes d'eau sont à une distance moindre que $1^m,50$, on devra, en les regardant des deux yeux, apercevoir deux arcs ou anneaux circulaires distincts : ces arcs auront leur écartement maximum sur leur diamètre horizontal, et l'intervalle, en forme de croissant, qui sépare le violet intérieur de l'un du rouge extérieur de l'autre ira en diminuant jusqu'aux points supérieurs et inférieurs de croisement de ces deux anneaux.

» A la distance de $1^m,50$, les deux arcs sont en contact (violet contre rouge) sur l'horizontale. Enfin, plus loin que $1^m,50$, les deux arcs se croisent sur toute la circonférence, mais sans que jamais, cependant, il y ait superposition complète.

» Ces conséquences de la théorie de l'arc-en-ciel se vérifient exacte-

ment. Il suffit pour cela de regarder, en tournant le dos au Soleil, la poussière d'eau que l'on aura projetée dans le voisinage des yeux en frottant des doigts une brosse légèrement mouillée ou mieux encore en pressant un petit pulvérisateur. On constatera qu'il y a dédoublement de l'arc ordinaire et de l'arc complémentaire, et que le dédoublement cesse dès que l'on ferme un des yeux.

» Le phénomène s'observe également dans la nature, notamment sur les toiles d'araignée et sur les nappes d'eau, lorsqu'elles sont recouvertes de perles de rosée. On le voit aussi sur les embruns que le vent détache des cascades et des gerbes des fontaines. Seulement, très souvent le phénomène se présente sous des apparences géométriques un peu confuses, et cela provient de ce qu'il est difficile de réunir toutes les conditions, d'avoir la ligne des yeux horizontale, perpendiculaire à la direction des rayons solaires et à égale distance des gouttes illuminées.

» Ce que nous venons de dire de l'arc-en-ciel s'applique en principe à tous ceux des phénomènes optiques de réfraction qui nous apparaissent suivant des cônes d'ouverture et d'orientation absolument définies. Pour tous, la largeur des bandes, du moins la largeur apparente aux deux yeux, doit, théoriquement, être plus grande suivant le diamètre parallèle à la ligne des yeux, l'élargissement ne devenant d'ailleurs très sensible que si les poussières aqueuses, causes du phénomène, sont très près de l'observateur, comme il doit arriver surtout pour l'arc blanc du brouillard. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la température extraordinaire de juillet* 1881. Note de M. E. Renou.

« La température s'est élevée ces jours passés, au parc de Saint-Maur, à un degré inaccoutumé : elle a atteint 35°,6 le 5 juillet et 37°,8 le 15. La température, au moment de ces grands maxima, varie de 1° à 2° en quelques instants, ce qui rend difficiles les comparaisons avec le thermomètre-fronde. J'ai trouvé des chiffres peu différents en moyenne et j'ai vu plusieurs fois, le 15 juillet, vers 3h du soir, le thermomètre-fronde à 37°,3. On peut donc affirmer que la température de l'air s'est élevée à 37°,8, à quelques dixièmes de degré près. Pendant ce temps, quelques cumulus peu épais, venant du sud-sud-ouest, passaient près du Soleil, et c'est toujours dans ces circonstances que se produisent les maxima de la température. Le thermomètre à boule noircie, placé au centre d'un globe de verre plein d'air de $0^{m},10$ de diamètre, marquait à midi 15° au-dessus de la tempéra-

ture de l'air : c'est une différence que nous trouvons fréquemment en toute saison, même en janvier.

» Cette température de 37°,8 est sans doute la plus haute qu'on ait jamais constatée authentiquement à Paris ou aux environs, quoique les chiffres plus élevés ne fassent pas défaut dans les Tableaux météorologiques, par exemple dans les Œuvres posthumes d'Arago.

» Ainsi, on avait 40° C. le 17 août 1701, d'après une évaluation due à Cassini; mais, à cette époque, on donnait précisément le même chiffre pour la température du sang humain, qui n'est en moyenne que de 36°, 85. D'ailleurs, le maximum lu sur le thermomètre de La Hire a été de 77°,5, ce qui ne fait que 32°, 35 d'après la valeur des degrés de La Hire que j'ai indiquée dans l'*Histoire du thermomètre*. Les chiffres de 39° C. en 1763 et 40° C. en 1765 sont des traductions erronées des deux chiffres de Messier, 31°, 2 et 32°; le thermomètre de Messier, réglé pour marquer 10° dans les caves de l'Observatoire, n'était point du tout un thermomètre de Réaumur et les deux températures ci-dessus équivalent respectivement à 36°, 6 et 37°, 5.

» Vient ensuite la température de 30°, 7 R. ou 38°, 4 C. observée le 8 juillet 1793 à l'Observatoire. Ce chiffre, identique à celui trouvé par Messier au Musée de Cluny, paraît lui avoir été emprunté. Les instruments y étaient dans une position très défectueuse et soumis à des réflexions solaires intenses, ainsi que le fait remarquer Messier lui-même, qui croyait atténuer ces erreurs en protégeant son thermomètre par une feuille de papier. Cotte, le même jour, obtenait à Montmorency 27° R., et, le 16 du même mois, 27°, 3 ou 34°, 1, chiffre souvent dépassé dans ses Tableaux météorologiques.

» La température la plus élevée constatée à Paris avec quelque certitude est celle de 29°, 4 R. ou 36°, 75 C. trouvée à l'Observatoire, dans la position actuelle, le 31 juillet 1803. En 1808, on a eu 36°, 2 C., tandis que Cotte, à Montmorency, notait 37°, 0, maximum le plus élevé qu'il y ait jamais trouvé depuis 1768.

» Enfin un chiffre très élevé, 37°, 2, figure encore dans les Tableaux des observations de Paris à la date du 18 août 1842; mais les chiffres étaient donnés à cette époque, de 1841 à 1853, sans correction, et le maximum de 1842 équivaut à 36°, 6.

» Il ne paraît donc pas que le thermomètre de l'Observatoire ait jamais atteint le maximum trouvé ces jours derniers au parc de Saint-Maur; mais il arrive quelquefois que les températures constatées à Paris sont infé-

rieures à celles de la campagne. Ce fait se présente quand la chaleur est apportée par le vent plus que par l'insolation directe; dans ce dernier cas, le contraire se manifesterait. J'en ai eu un exemple frappant le 24 juillet 1870 : alors que l'Observatoire notait un maximum de 33°, 1, je trouvais dans la campagne, au sud de Choisy-le-Roi, pendant plusieurs heures, des températures variant de 34° à 36°. En même temps, on constatait à Vendôme, sur la hauteur, avec le thermomètre-fronde, 37°, et 41°, 2 à Poitiers par le même moyen.

» La haute température du 15 juillet 1881 n'était nullement prévue; l'étude des mouvements de l'atmosphère ne donne en été que des notions insuffisantes sur le temps probable. On a des pronostics plus sûrs par d'autres voies. Ainsi, dans ces temps réguliers, où précisément les mouvements de l'atmosphère n'indiquent presque rien, on trouve un guide plus sûr dans le retour de dix jours en dix jours indiqué par Sainte-Claire Deville; après le maximum du 5 juillet est venu celui du 15, et l'on doit en attendre un très élevé d'ici au 25. Le 16, nous avons eu l'orage qui a lieu presque chaque année à la même date, quoique rien, quelques heures auparavant, n'annonçât un temps orageux. Comme pronostic à long terme, un froid assez intense, accompagné de grandes chutes de neige en janvier en une seule période de froid, indique assez sûrement un été sec et chaud : c'est ce qui est arrivé en 1826, 1842, 1858 et en bien d'autres années antérieures.

» Les nuits sont chaudes depuis quelque temps, mais au commencement du mois elles ont été froides, et le 8 juillet, trois jours après un maximum de 35°, 6, le thermomètre est descendu, à l'Observatoire du parc, à 6°, 9, et dans notre station inférieure, à un niveau plus bas de 10^m, à 6° seulement; aussi la température de la Marne n'a-t-elle pas encore dépassé 24°, 74, tandis que nous l'avons observée à 26°, 4 le 15 juillet 1874. »

CHIMIE. — *Sur l'acide hydrosulfureux*. Réponse de M. SCHUTZENBERGER à une Communication de M. Bernthsen [1].

« Mon honorable contradicteur écarte, sans le discuter sérieusement, l'argument le plus décisif en faveur de ma formule, argument qui est en contradiction complète avec son équation, à savoir que le pouvoir réduc-

[1] *Comptes rendus*, séance du 11 juillet 1881.

teur d'une solution de bisulfite passe de 3 à 4 par suite de son contact avec le zinc.

» Pour justifier mon interprétation, « il faudrait, dit-il, déterminer » d'abord la quantité des produits différents dont la composition *devrait* » *être déjà connue* ».

» La solution d'hydrosulfite *fraîchement* préparée par un quart d'heure de contact d'une solution de bisulfite de soude pur, assez étendue pour éviter tout dépôt cristallin, avec des copeaux de zinc bien décapés ne contient, à côté du sulfite de soude et du sulfite de zinc (neutres), qu'un sel qui absorbe l'oxygène de l'air en régénérant du bisulfite.

» Agitée à l'air jusqu'à disparition de son pouvoir réducteur sur l'indigo (carmin), elle ne renferme pas trace d'*hyposulfite*.

» En conséquence, je le répète, on ne peut admettre autre chose, sinon que l'action se passe entre 1^{at} de zinc et 3^{mol} de bisulfite (SƟNaƟHƟ).

» Les résultats de M. Bernthsen, dont je ne conteste nullement l'exactitude, ne prouvent rien contre ma formule; ils établissent seulement qu'après précipitation de la liqueur par le chlorure de baryum il reste un sel double ou un composé de sulfite et d'hydrosulfite donnant les rapports $S^2Ɵ^3Na^2Ɵ$.

» Je compte du reste reprendre toute cette question, afin d'établir l'accord entre deux ordres de faits bien établis aujourd'hui et qui semblent se contredire. »

CHIMIE. — *Action du soufre sur diverses solutions métalliques.* Note de MM. E. FILHOL et SENDERENS.

« Il résulte des recherches auxquelles nous nous sommes livrés depuis quelques mois que le soufre agissant à chaud sur les solutions de divers sels métalliques en détermine la décomposition, et donne lieu à des réactions plus ou moins complexes, suivant la nature des sels, réactions que la Thermochimie permet de prévoir.

» Nous ne signalerons aujourd'hui que les faits ayant trait à l'action du soufre sur quelques sels d'argent, de plomb et de cuivre.

» Si, après avoir mêlé du soufre très divisé avec une solution de sulfate d'argent, on fait bouillir le mélange, on ne tarde pas à voir du sulfure d'argent se déposer, et il est facile de constater que de l'acide sulfurique a

été mis en liberté. L'équation suivante permet de se rendre compte de la réaction :

$$3(Ag\,SO^4) + S^4 + 4HO = 3\,AgS + 4SO^4H$$

» Nous avons dit que la Thermochimie permettait de prévoir ce résultat. Les données suivantes, que nous empruntons au *Traité de Mécanique chimique* de M. Berthelot, en fournissent la preuve :

Premier système.

		Cal
3 AgO dégage	+	10,5
3 SO^3 HO dissous	—	314,1
3 AgO, SO^3 dissous		21,6
HO		34,5
		380,7

Second système.

		Cal
3 AgS dégage	+	4,5
4 SO^3 HO		418,8
		423,3

Différence en faveur du second système, + 43,6.

» Le soufre décompose aussi l'azotate d'argent et donne lieu à la mise en liberté de l'acide azotique, en même temps qu'il se produit du sulfure d'argent et de l'acide sulfurique.

$$3\,AgO,AzO^5 + S^4 + 4HO = 3\,AgS + 3\,AzO^5HO + SO^3HO.$$

» Au premier membre correspondent $141^{Cal},9$ et au second $190^{Cal},5$; différence en faveur de ce dernier, + 48,6.

» Le carbonate, l'oxalate et l'acétate d'argent sont aussi décomposés par le soufre, comme les sels précédents. Avec le carbonate et l'acétate, la réaction commence même à la température ordinaire. Le chlorure d'argent, au contraire, n'a pas été décomposé.

» Quand on considère les deux systèmes

$$3\,AgCl + S^4 + 4\,HO = 3\,AgS + 3\,HCl + SO^3HO,$$

on trouve pour le premier $225^{Cal},6$ et pour le second $227^{Cal},1$.

» La différence en faveur du second système, qui est de $1^{Cal},5$, s'élèverait à $3^{Cal},9$ si l'on partait de l'équation suivante :

$$3(AgOHCl) + S^4 + HO = 3\,AgS + 3\,HCl + SO^3\,HO$$

(voir *Mécanique chimique*, t. I, p. 371, 372, 381, 384.)

» Le sulfate de plomb est décomposé par le soufre avec une grande lenteur, et la liqueur qui surnage le précipité n'est pas acide, ce qui paraît indiquer la formation d'un peu de bisulfate de plomb. La production de ce dernier sel paraît nécessaire pour expliquer la décomposition du sulfate de plomb d'après les données thermiques.

» Le sulfate, l'azotate et le chlorure de cuivre n'ont pas été sensiblement décomposés. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Séparation et dosage de l'alumine et des oxydes de fer et de chrome.* Note de M. **Ad. Carnot**, présentée par M. Daubrée.

« Le problème de la séparation et du dosage de l'alumine et de l'oxyde de fer est de ceux qui se présentent le plus fréquemment dans l'analyse des minéraux et des produits métallurgiques. Rivot et H. Sainte-Claire Deville en ont donné des solutions, qui sont satisfaisantes, lorsque les deux oxydes peuvent être préalablement isolés de toute autre substance; mais les méthodes enseignées par ces maîtres regrettés ne peuvent point s'appliquer en présence de l'acide phosphorique; elles ne donnent aussi que des résultats douteux, quand l'un des deux oxydes est en proportion très faible dans le mélange.

» Ces conditions défavorables se trouvent précisément réunies dans plusieurs minéraux ou minerais et dans beaucoup de produits d'art : fontes, laitiers, scories d'affinage, scories Bessemer, etc.

» La difficulté est telle, pour les fontes notamment, que, tout en y soupçonnant la présence de l'aluminium, on renonce presque toujours à le rechercher et même à en constater la présence.

» J'ai tenté de résoudre cette difficulté, et je suis arrivé à une méthode qui me semble donner de bons résultats. Elle est fondée : d'une part sur l'action depuis longtemps connue de l'acide tartrique, qui maintient l'alumine en dissolution dans une liqueur ammoniacale, pendant que le fer peut en être précipité à l'état de sulfure; de l'autre sur la propriété du phosphate d'alumine d'être sensiblement insoluble, même en présence de l'acide tartrique, dans une liqueur très faiblement acide, portée à l'ébullition.

» Les deux oxydes étant en dissolution azotique ou chlorhydrique, on ajoute de l'acide tartrique pur (1^{gr} environ) ou du bitartrate de potasse, puis de l'ammoniaque en quantité suffisante pour que la liqueur devienne bien limpide. On y verse alors du sulfhydrate d'ammoniaque, on agite et on laisse déposer le sulfure de fer, qu'on reçoit et lave sur un filtre. La

séparation est ainsi parfaitement nette, pourvu que le précipité ne soit pas assez volumineux pour retenir par adhérence une proportion appréciable d'alumine.

» On peut doser le fer en poids, ou par une méthode volumétrique.

» Pour doser l'alumine, on ajoute, selon sa proportion présumée, une quantité plus que suffisante de phosphate de soude, puis on décompose la liqueur sulfhydratée par l'acide chlorhydrique en léger excès (1^{cc} environ au delà de la saturation exacte), on ajoute 4^{gr} à 5^{gr} d'acétate de soude et on porte à l'ébullition. On maintient vers 100° pendant une ou deux heures, en laissant la dissolution se concentrer; puis on jette sur un filtre et on lave quelques instants à l'eau bouillante.

» Pour enlever l'acide tartrique dont le précipité est imprégné, il faut redissoudre par l'acide azotique étendu d'eau, neutraliser presque par de l'ammoniaque, ajouter quelques gouttes d'acide phosphorique et 2^{gr} ou 3^{gr} d'acétate d'ammoniaque, enfin porter à l'ébullition pendant une heure.

» Le précipité qui se forme est gélatineux; mais il y a si peu de sels fixes dans la liqueur, qu'après un court lavage à l'eau bouillante il n'en reste pas de traces sensibles dans le précipité. On peut incinérer, sans détacher la matière du filtre. Le phosphate est blanc, pulvérulent, facilement soluble dans l'acide azotique étendu et à froid. Il répond exactement à la formule PhO^5, Al^2O^3 et renferme par conséquent 42,04 pour 100 d'alumine.

» Il convient d'opérer les précipitations en liqueurs peu étendues et de laver avec peu d'eau, chauffée à 100°, pour rendre les pertes aussi faibles que possible; car le phosphate n'est pas complètement insoluble; mais 100^{cc} d'eau bouillante dissolvent en réalité moins de $0^{gr},001$ du composé.

» Les formiates peuvent être employés à la place des acétates correspondants; ils ne donnent pas de résultats sensiblement différents.

» J'ai même constaté que la précipitation peut se faire aussi d'une manière complète avec l'acide tartrique seul, sans addition d'acétate ou de formiate alcalin; mais le précipité est plus difficile à laver.

» Voici quelques exemples des résultats obtenus avec les acétates, après séparation du fer au moyen de l'acide tartrique et du sulfhydrate. L'alumine était ajoutée sous forme d'une dissolution d'azotate, dont 20^{cc} avaient laissé, par évaporation et calcination, $0^{gr},277$ d'alumine pure.

» Avec 5^{cc} de cette dissolution, j'ai eu $0^{gr},163$ de phosphate d'alumine,

correspondant à $0^{gr},0685$ d'alumine (au lieu de 0,0692); avec 10^{cc}, $0^{gr},330$ de phosphate répondant à 0,1387 d'alumine (au lieu de 0,1385).

» Je me propose de revenir très prochainement sur l'application de la méthode à la recherche de l'aluminium dans les fontes. Je n'ajouterai aujourd'hui que quelques mots, pour faire remarquer que la précipitation de l'alumine à l'état de phosphate peut également servir à la séparation de cette base et de l'oxyde de chrome.

» Il faut d'abord transformer ce dernier oxyde en acide chromique par fusion avec de la potasse pure et du nitre, puis dissoudre et acidifier légèrement la liqueur par l'acide azotique; on ajoute alors un peu de phosphate de soude, 4^{gr} à 5^{gr} d'acétate de soude et on porte à l'ébullition. Le phosphate d'alumine est seul précipité; on le lave avec un peu d'eau bouillante pour entraîner tout l'acide chromique, on dissout de nouveau dans l'acide azotique et on termine comme ci-dessus le dosage de l'alumine.

» On verse peu à peu dans la liqueur bouillante assez d'azotate d'alumine pour précipiter tout l'acide phosphorique, on fait bouillir une demi-heure et on filtre.

» La liqueur acétique, après refroidissement, est additionnée d'acétate de plomb; tout l'acide chromique est alors précipité et dosé à l'état de chromate de plomb. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Industrie de la magnésie.*
Note de M. Th. Schlœsing.

« Je me propose de faire connaître des moyens nouveaux d'extraire la magnésie des eaux mères des marais salants, et même de l'eau de mer; mais, avant de traiter ce sujet, qu'il me soit permis de présenter les considérations qui m'ont conduit à m'en occuper.

» Personne n'ignore que deux systèmes se disputent les déjections des habitants des villes : l'un veut la projection directe des matières à l'égout, au moment de leur émission; les eaux d'égout ainsi enrichies doivent ensuite être utilisées par l'agriculture, ou tout au moins être épurées sur des espaces restreints par filtration à travers le sol; l'autre conseille de recueillir les déjections, de les transporter et de les traiter dans des usines en vue d'en extraire les principes fertilisants. Le premier est généralement usité en Angleterre; il tend à passer en Allemagne et compte de zélés partisans en France; il offre l'avantage de délivrer immédiatement une ville de ses résidus les plus re-

poussants, avantage prépondérant pour une population soucieuse avant tout de son bien-être présent. Mais si l'on cherche un exemple d'utilisation réelle des eaux d'égout d'une grande ville, on ne le trouve point, et l'on est obligé de convenir que la projection à l'égout est le plus souvent la projection dans les nappes d'eaux souterraines ou dans les rivières et finalement à la mer d'une masse énorme de principes fertilisants ravis à la terre végétale. Le second système au contraire obéit à la loi de la restitution; il condense les principes fertilisants des vidanges dans des engrais qui retournent aux champs; mais il a contre lui l'imperfection de ses moyens d'exécution, fosses fixes ou mobiles, transports bruyants, émanations offensantes dans la ville et au dehors. On lui fait de plus un reproche très grave : l'extraction de l'ammoniaque étant fondée sur l'emploi d'une quantité de vapeur considérable et proportionnelle au cube de liquide traité, les frais d'exploitation s'élèvent en raison de la dilution des vidanges; le traitement industriel devient donc l'*ennemi de l'eau* et se trouve dès lors en opposition avec les recommandations expresses de l'hygiène.

» Les plus hautes autorités de la science, MM. Chevreul, Dumas, Boussingault, Liebig, ont proclamé la nécessité de rendre au sol les éléments nutritifs des récoltes exportés de la ferme pour aller se concentrer dans les villes ou les usines, et quiconque s'est occupé des conditions de la fertilité des terres a retenu les termes énergiques par lesquels M. Dumas les a résumées : « Toute agriculture qui ne reconstitue pas le sol est dévas-» tatrice, toute population urbaine qui perd ses immondices prépare son » suicide. » Il est donc évident que toute discussion entre les deux systèmes serait superflue, et que la supériorité serait définitivement acquise au second, si l'on parvenait à remplir les deux conditions suivantes : recueillir et transporter les vidanges en évitant tout contact avec l'air et le sol, sans émanation nuisible ou incommode; leur appliquer un procédé d'extraction des principes fertilisants exempt d'un surcroît de frais occasionné par l'état de dilution des matières [1]. La première condition concerne les ingénieurs : elle est à l'étude, et, si je ne me trompe, bien près d'être réalisée; la seconde est du ressort de la Chimie; j'ai voulu apporter ma contribution à une œuvre qui intéresse au plus haut point le maintien

---

(1) Je tiens à faire observer que le traitement à part des vidanges laisse entière la nécessité d'épurer les eaux d'égout et de les utiliser par l'irrigation, opération dont je demeure un très ferme partisan.

de la fertilité de notre sol, en entreprenant les recherches dont je vais maintenant présenter le résumé.

» Des trois principes essentiels contenus dans les vidanges, la potasse, l'acide phosphorique et l'azote combiné, le premier ne peut être recueilli dans l'état présent de la science; le deuxième se trouve presque en entier avec les matières solides; la majeure partie du troisième est à l'état d'ammoniaque, dont l'extraction est l'opération essentielle des usines traitant les vidanges, et la seule que je veuille considérer pour le moment. Abandonnant le procédé de la distillation, l'ennemi de l'eau, je suis revenu à une réaction bien connue, souvent tentée, la précipitation de l'ammoniaque à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien; seulement, au lieu de mettre en présence, dans la vidange, un sel de magnésie et un phosphate soluble d'un prix toujours trop élevé, j'ai eu recours directement à l'acide phosphorique et à la magnésie, tous deux libres ou combinés d'avance.

» Le prix de revient de l'acide sulfurique est aujourd'hui tellement réduit, qu'il est possible de fabriquer sans trop de frais l'acide phosphorique libre au moyen des phosphates minéraux. Cet acide possède dans le phosphate ammoniaco-magnésien une valeur égale à celle qu'on lui donne dans les superphosphates : les frais de sa fabrication sont donc largement couverts par la plus-value qu'il acquiert en passant d'un phosphate minéral dans une combinaison dont tous les éléments, ammoniaque, acide phosphorique et magnésie sont assimilables. Mon principal effort devait donc porter sur les moyens d'obtenir la magnésie en abondance et à bas prix.

» Tous les chimistes savent qu'un lait de chaux étendu précipite intégralement la magnésie de ses dissolutions salines; mais le précipité, très volumineux, gélatineux même, ne peut être séparé et lavé industriellement par une turbine ou un filtre-presse. Ils savent encore qu'on augmente la compacité d'un précipité de ce genre, en le produisant dans des liqueurs concentrées; toutefois, mise à nu dans ces nouvelles conditions, la magnésie résiste encore aux appareils de filtration.

» Cependant une foule de substances, le carbonate de magnésie entre autres, que nos moyens ordinaires de préparation nous fournissent sous la forme de précipités volumineux, se trouvent dans la nature à l'état compacte, amorphes ou cristallines, et ont pourtant été extraites de dissolutions. A l'exemple des minéralogistes, qui ont reproduit artificiellement tant d'espèces naturelles, je pouvais espérer de trouver les moyens d'obtenir la

magnésie, sinon compacte, au moins non gélatineuse et sous une forme permettant la filtration et le lavage : ces moyens existent, en effet, et sont bien simples.

» L'étendue de cette première Note m'oblige à les décrire dans une deuxième Communication. »

VITICULTURE. — *Sur les dégâts causés en Grèce par l'anthracnose et le* Peronospora viticola. Lettre de M. **Gennadius** à M. Dumas.

« Calamæ, le 28 juin 1881.

» Calamæ est la capitale de la Messénie, la province la plus méridionale et la plus fertile de la Grèce. On y cultive en grand le figuier, l'olivier, la soie et le raisin de Corinthe : la culture de ces produits donne à ce pays l'apparence d'un grand jardin.

» Appelé par les habitants qui, pendant le 11, le 12 et le 13 de ce mois, ont vu leurs vignobles succomber aux attaques d'une maladie inconnue, j'ai vite reconnu qu'il s'agissait de l'anthracnose et du *Peronospora viticola.*

» Pendant les deux dernières années, j'ai pris tous les soins possibles pour faire connaître l'anthracnose à nos vignerons : je n'y ai pas réussi.

» Le pays est très humide et chaud ; les conditions nécessaires pour le développement de l'anthracnose s'y trouvent donc réunies. Cette maladie ne s'est pourtant montrée, au moins en grand, que cette année-ci. Les dégâts qu'elle a causés sont considérables. Le raisin étant assez développé au moment de son apparition, elle a frappé tous les grains. Ceux qui tiennent encore à la grappe portent de grandes taches noires qui les détériorent.

» Les temps humides qui ont provoqué la maladie dans cette province ont aussi prévalu dans les autres parties de la Grèce. Toutefois, l'anthracnose ne s'est pas déclarée dans l'éparchie d'Élie, où, en 1879, elle a causé de grands dégâts. Faut-il l'attribuer aux soins que les habitants d'Élie ont pris pendant l'année passée et qui auraient tué les germes ? Cette année-ci, ils n'ont employé ni chaux ni autre agent préventif.

» La chaux ne produit d'effet qu'autant qu'elle est employée tout de suite après le développement de l'humidité et de la chaleur. Je suis très convaincu de ce fait.

» Le *Peronospora* nous visite pour la première fois. Avant son apparition, on a eu ici une pluie et un vent du nord-ouest. Les viticulteurs affirment que cette maladie s'est déclarée tout d'un coup, comme l'anthracnose, qu'elle a causé des dégâts en quelques heures et qu'ensuite elle s'est

arrêtée. Je crains que leurs observations ne soient pas justes. Je vois sur les feuilles des taches de plusieurs âges : les unes ont déjà desséché les feuilles; les autres se voient facilement et n'ont pas encore détruit la feuille; d'autres sont développées sur des feuilles tout à fait jeunes qu'il faut examiner attentivement pour découvrir la tache en formation. Il est pourtant probable que pendant les 11, 12 et 13 du mois la maladie, marchant plus vite, frappait l'attention des viticulteurs d'une manière plus vive.

» Ordinairement on voit dans les vignobles de Messénie les deux maladies ensemble, il y a pourtant des endroits où l'on ne voit que le *Peronospora*.

» Un propriétaire, qui a pris cette maladie pour l'anthracnose, a commencé d'employer contre elle la chaux en grande quantité, et il dit que la maladie s'est arrêtée et qu'elle a fait peu de dommage dans sa propriété. Je n'ai pas encore visité l'endroit où l'on ne voit que le *Peronospora* pour comparer les dégâts de son vignoble avec ceux des voisins et pour vérifier ce qu'il dit sur l'efficacité de la chaux; mais, aussitôt que je l'aurai visité, je vous ferai connaître mon opinion. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des troncs d'arbres fossiles perpendiculaires aux strates du terrain houiller.* Note de M. H. FAYOL, présentée par M. Daubrée.

« Il est généralement admis que les troncs d'arbres fossiles que l'on trouve *debout* dans le terrain houiller, c'est-à-dire perpendiculaires, ou à peu près, sur le plan de stratification des bancs qui les renferment, ont été enveloppés de sédiments et fossilisés au lieu même de leur croissance.

» J'ai pu observer un assez grand nombre d'arbres debout dans le bassin de Commentry, et j'ai acquis la conviction que ces arbres avaient été charriés et déposés au fond des eaux, comme tous les autres éléments constitutifs du terrain houiller.

» Parmi les gisements d'arbres debout de Commentry, le plus remarquable est celui du banc dit *des Roseaux*, dans lequel les troncs de calamodendrons et de psaronius sont assez nombreux pour simuler une forêt fossile. Ce banc, intercalé dans la grande couche de houille, s'étend sur une surface à peu près demi-circulaire, de 1^{km} de rayon, dont le diamètre est aux affleurements; il a 2^{m} d'épaisseur dans la partie centrale et est constitué par du grès qui devient graduellement schisteux et charbonneux. Les arbres debout, qui sont le plus souvent des fragments de troncs sans branches ni racines, sont abondants dans la partie arénacée et très rares

dans la partie schisto-charbonneuse ; on n'en distingue aucune trace dans la houille, soit au-dessus, soit au-dessous du banc des Roseaux.

» Autour des tiges, les strates sont fréquemment courbées et relevées comme pour former un cône dont l'axe serait sur l'axe même de la tige; lorsqu'un arbre à racines descend jusqu'à la partie inférieure du banc, la houille est elle-même relevée et forme un dôme, sous les racines.

» Le banc des Roseaux renferme une quantité prodigieuse de végétaux variés. Les arbres debout, ainsi que de petits fragments de rameaux en position verticale, y sont partout associés à des arbres couchés, à des feuilles et à des fruits.

» Un autre banc à arbres debout se trouve dans la tranchée Saint-Edmond, à 21^{m} au-dessus du toit de la grande couche : c'est un grès grossier de $1^{m},30$ d'épaisseur, placé au milieu de grès plus fins. Il renferme des calamites debout de petite dimension.

» Il est remarquable que les puissantes assises schisteuses qui constituent ordinairement le toit de la grande couche, et qui sont extrêmement riches en arbres couchés, ne renferment pas d'arbres debout.

» On trouve au contraire des arbres debout au toit des petites couches n° 2, n° 5 et n° 6, mais seulement sur les points où ce toit est du grès; dans les parties schisteuses, il n'y a que des arbres couchés.

» Des fragments de troncs de sigillaires, dont quelques-uns avaient de $0^{m},80$ à 1^{m} de diamètre, ont été rencontrés dans les poudingues à gros éléments de la tranchée de l'Espérance; ils n'avaient ni branches ni racines.

» On voit que les arbres *debout* du terrain houiller de Commentry sont ordinairement dans les grès, quelquefois dans les poudingues, rarement dans les schistes; on n'en a pas encore rencontré dans les couches de houille. Les arbres *couchés* sont au contraire extrêmement nombreux dans les schistes, peu abondants dans les grès et rares dans les poudingues; dans certaines parties des couches de houille on en distingue des traces nombreuses. On peut dire que les arbres couchés discernables sont cent fois plus nombreux que les arbres debout; on trouve presque partout des arbres couchés, tandis que les arbres debout n'existent que sur quelques points exceptionnels. Les tiges debout sont souvent dépourvues de branches et de racines. Enfin l'on constate fréquemment un relèvement des strates autour de ces tiges.

» Ces divers faits s'expliquent facilement par le *charriage*.

» En jetant dans l'eau une fougère commune, récemment arrachée,

de 1^m à 2^m de hauteur, portant à son sommet quelques feuilles vertes, on la voit d'abord prendre la position verticale et rester en suspension la racine en bas; puis elle s'enfonce jusqu'au fond du bassin où elle reste encore debout pendant un certain temps; enfin elle se couche. Chacune des deux premières phases dure, selon l'état du végétal, de quelques heures à quelques jours.

» Si l'on abandonne des fougères semblables dans un courant d'eau chargé de sédiments minéraux, comme celui qui porte les schlamms résultant du lavage de nos houilles dans un bassin de dépôt (dont la contenance est de 350^{mc}), on retrouve ces fougères dans le dépôt, les unes fixées plus ou moins normalement aux strates dans les veines grenues, les autres couchées suivant le plan de stratification dans les veines boueuses.

» Des fougères sèches ou des feuilles vertes isolées ne prennent pas la position verticale.

» La courbure des strates se produit autour des piquets simulant des troncs d'arbres qu'on a eu le soin de fixer au milieu du bassin; les strates formées en eau tranquille et profonde sont relevées; celles qui se sont déposées en eaux courantes et superficielles sont, au contraire, abaissées et disposées en entonnoir autour du piquet.

» Avec leurs racines denses et fermes, leur longue tige à tissu central lâche et leur sommet couronné d'une ombelle de grandes feuilles légères, la plupart des arbres de l'époque houillère devaient se comporter dans l'eau comme les fougères dont je viens de parler; seulement la durée des phases de suspension et d'immersion en position verticale devait être beaucoup plus longue.

» Charriés par les eaux jusque dans un lac ou dans un estuaire, ces arbres devaient, selon leur état, ou surnager encore un certain temps ou descendre immédiatement au fond de l'eau. Si une inondation, ou l'un de ces déplacements de lit si fréquents à l'embouchure des fleuves à delta venait à charrier en même temps et des arbres verts et des sédiments minéraux, un certain nombre de troncs pouvaient s'immerger debout et être entourés d'un dépôt consistant de sable, par exemple, qui les fixait dans leur position d'une manière définitive; mais, si le dépôt se formait lentement ou s'il était sans consistance, comme de la boue ou des feuilles, rien n'empêchait l'arbre debout de se coucher lorsque le moment en était venu, c'est-à-dire lorsque, par l'effet de l'imbibition, toutes ses parties avaient une densité supérieure à celle de l'eau.

» On comprend ainsi pourquoi le banc des *Roseaux* renferme beaucoup d'arbres debout dans sa partie arénacée et seulement des végétaux couchés dans sa partie schisto-charbonneuse. On conçoit aussi pourquoi les arbres debout sont si rares dans les couches de houille et dans les assises schisteuses du toit de la grande couche; ces dépôts, constitués d'abord par des végétaux et du limon boueux, ne pouvaient retenir les arbres en position verticale.

» La simplicité avec laquelle on explique par la théorie du *charriage* les gisements d'arbres debout et les diverses particularités qui s'y rattachent est un argument de plus en faveur de cette théorie, qui rend si bien compte de la disposition des couches des terrains houillers lacustres. »

PATHOLOGIE COMPARÉE. — *Sur quelques points relatifs à l'immunité charbonneuse.* Note de M. **H. Toussaint**, présentée par M. Bouley.

« Il y a un an, le 12 juillet 1880, j'avais l'honneur de faire connaître à l'Académie les premiers faits d'immunité charbonneuse acquise au moyen d'inoculations préventives. Depuis cette époque je n'ai fait aucune Communication sur ce sujet. M. Bouley a bien voulu cependant, dans la séance du 6 septembre suivant, annoncer que le nombre des faits allait croissant : il citait quinze cas évidents. Ce nombre a quadruplé, et, dans ces derniers mois, les travaux publiés par M. Pasteur sur ce sujet ont montré que l'immunité pouvait être donnée sans coup férir. Sa méthode est bien certainement le dernier mot de la question.

» Il est cependant dans ces faits, comme dans tous ceux qui sont de même ordre, des points qui ne peuvent être résolus qu'avec le temps. De ce nombre sont la *durée* de l'immunité et son *hérédité*.

» Au point de vue de la durée, je puis dire que le charbon se comporte comme les autres maladies qui ne récidivent pas. La durée de l'immunité du charbon est en raison directe de la gravité de la première attaque, ou, si l'on veut, de l'énergie du vaccin, et en raison inverse de la résistance des animaux.

» Voici les faits qui le démontrent. Au mois d'août 1880, des agneaux de dix et de vingt mois, ainsi que des brebis vieilles, reçurent une même quantité d'un vaccin très énergique, je devrais dire trop, car il tua trois des cinq agneaux mis en expérience et un des antenais ou agneau de vingt mois. Chez tous les jeunes animaux qui ont survécu, ainsi que chez les brebis, les phénomènes produits par l'inoculation furent graves, mais tous

ont gardé leur immunité jusqu'à ce jour, les brebis même l'ont conférée à leurs agneaux.

» A la même époque, des antenais et des brebis âgées ont reçu un autre vaccin beaucoup plus atténué. L'action produite, très faible chez les brebis, s'est montrée plus forte chez les antenais. Un mois après la vaccination, une première inoculation de sang charbonneux a été faite à tous ces animaux (six antenais et dix brebis); tous ont résisté, mais une nouvelle inoculation faite à quelques brebis quatre mois après les a tuées. Les antenais, au contraire, ont gardé leur immunité et la possèdent encore.

» L'hérédité est acquise à l'agneau. Sept brebis vaccinées aux mois de mai, juillet et août 1880 ont été conservées jusqu'à ce jour et mises au troupeau après les premiers essais. Les sept agneaux qui en proviennent, inoculés dans le premier mois de leur naissance, ainsi que les mères, n'ont montré aucun symptôme morbide.

» Ce résultat me paraît important au point de vue de l'immunité, car il montre qu'il suffirait d'inoculer les femelles pour obtenir des troupeaux indemnes.

» Il n'est pas nécessaire d'inoculer les mères pendant la gestation pour obtenir l'immunité. Tous les cas que je viens de citer se rapportent à des brebis vaccinées deux ou trois mois avant la conception et qui n'ont pas été inoculées pendant la gestation. C'est donc une propriété vraiment héréditaire qui peut devenir un caractère de race. Mon honoré maître, M. Chauveau, a déjà démontré que dans les races algériennes les femelles pleines dont on renforce l'immunité par des inoculations donnent des petits qui sont tout à fait réfractaires. Il y a cependant entre ces deux cas une certaine différence : sous l'état de fœtus, le jeune animal fait partie de la mère, il en est un organe, et il doit recevoir et garder l'empreinte de tout choc, de tout état grave qui frappe la mère; mais, lorsque celle-ci peut transmettre un état acquis avant la gestation, alors que tous ses tissus, ses organes sont revenus à l'état normal, il faut en conclure que c'est sous l'influence non pas d'une cause passagère, mais bien d'une cause permanente, dont le siège est dans l'économie, que ce résultat est produit.

» Nous conservons des jeunes agneaux des deux sexes pour les faire reproduire plus tard et juger cette question. »

MÉDECINE VÉTÉRINAIRE. — *Sur une nouvelle maladie des oies domestiques observée dans la commune de Viviers-les-Montagnes (Tarn).* Note de M. A. CARAVEN-CACHIN. (Extrait d'une Lettre adressée à M. de Quatrefages.)

« Il y a environ un mois que l'on nous signalait, de divers côtés de la commune de Viviers-les-Montagnes, une mortalité subite dans les oies domestiques. Appelé par plusieurs fermiers pour étudier la cause de ce mal, qui sévissait avec assez d'intensité, nous nous rendîmes sur les lieux et nous constatâmes que cette maladie présentait tous les symptômes d'une asphyxie. Cependant elle nous paraissait avoir son siège dans l'œsophage : aussi l'autopsie seule semblait devoir éclairer et résoudre cette apparente contradiction.

» Nous pratiquâmes une incision longitudinale dans l'œsophage, et nous trouvâmes ce canal rempli de feuilles toutes hérissées de poils roides et piquants qui avaient profondément pénétré dans la partie interne et qui s'étaient fortement accrochés dans la membrane muqueuse qui tapisse cet organe.

» Ces piquants avaient déterminé une tumeur œsophagienne. Sous l'influence d'une irritation violente le canal musculo-membraneux s'était fortement distendu; mais, comme les effets de l'inflammation se trouvaient arrêtés par la colonne vertébrale, l'inflammation avait gagné la surface opposée, c'est-à-dire celle qui se trouve en contact avec la trachée-artère. Elle avait tellement comprimé cet organe, qu'elle avait fini par boucher le tuyau des voies respiratoires. La mort, tout en ayant réellement sa cause dans l'œsophage, arrivait par asphyxie.

» La maladie étant connue, il nous restait à déterminer quelle était cette plante si dangereuse pour nos oiseaux de basse-cour.

» Les fragments de feuilles extraits avec précaution de l'œsophage de l'oie nous apprirent que cette espèce végétale appartenait à la famille des *Composées*, au genre *Helminthia* et à l'*Helminthia echioides* (Gartn.) ou *Helminthie vipérine*. »

MÉDECINE. — *Expériences tentées sur les malades atteints de fièvre jaune avec l'acide phénique, le phénate d'ammoniaque, etc.* Note de M. DE LACAILLE.

« Rio Janeiro, 15 juin.

» La fièvre jaune n'a pas sévi cette année avec la même intensité que les années précédentes, grâce à des orages fréquents et à une grande quantité de pluie. Tous les marais qui entourent la baie de Rio de Janeiro sont inondés et les eaux sont croupissantes; il y aura lieu de craindre une recrudescence pour l'année prochaine si les pluies viennent à manquer en septembre et en octobre. La *médecine des ferments* vient de me donner de grandes satisfactions. Pendant les mois d'avril et de mai, j'ai donné mes soins à une douzaine de malades avec un plein succès, en suivant à la lettre la méthode du Dr Déclat.

» Parmi les douze cas, il y en a un des plus remarquables; il était arrivé à la période de *vomito greto*. Ce premier cas était celui de Mlle Coza (Reine-Germaine), âgée de vingt-trois ans, née de parents français, habitant l'intérieur du Brésil et de passage à Rio.

» Appelé au cinquième jour de la maladie, je trouvais le cortège effrayant de cette terrible intoxication : hémorrhagie, anurie, vomissements noirs; la malade était en un mot au voisinage de la mort.

» J'eus recours à une médication énergique. Injections hypodermiques à cent gouttes n° 21, sirop d'acide phénique, sirop de phénate d'ammoniaque, injections rectales au sulfophénique à des intervalles réguliers, de deux heures en deux heures. Dès le troisième jour de cette médication, on pouvait considérer la malade comme sauvée.

» Depuis trente ans que je suis aux prises avec la fièvre jaune, c'est le premier malade que j'ai la certitude d'avoir arraché à la mort (à cette période).

» Le second cas était à la période cosmique du parasite; j'ai eu recours à dix injections hypodermiques et à des lavements avec le sulfophénique et le glycophénique. Guérison complète le septième jour. Cette malade se nommait Marie Rose, artiste dramatique, âgée d'environ trente ans.

» Les autres cas ont été si vite hors d'affaire que je me demande, malgré ma longue pratique, s'ils ont eu réellement la fièvre jaune. Appelé à la période d'incubation, le triomphe était aisé. »

GÉOLOGIE. — *Sur le terrain crétacé du Sahara septentrional* [1]. Note de M. G. Rolland, présentée par M. Daubrée.

« La coupe générale de la craie du Sahara algérien comprend, de bas en haut : des marnes avec gypse interstratifié, calcaires et grès subordonnés (plus de 100^m); un massif continu de calcaire (100^m); de nouveau des marnes gypseuses (50^m), et un massif calcaire avec silex (plus de 100^m). D'où deux plateaux calcaires étagés, couronnant deux séries d'escarpements marneux.

» L'étage inférieur s'est montré très fossilifère dans la région d'El Golea. Il appartient à la craie moyenne et présente la même faune que dans l'Atlas, à une distance de 500^{km}. Le sous-étage marneux est cénomanien, le sous-étage calcaire est turonien. L'étage supérieur, dont je signale l'existence dans le sud du Sahara algérien, ne m'a pas offert de fossile caractéristique, mais il peut être suivi jusqu'en Tripolitaine, où il est constitué par la craie supérieure.

» Le terrain crétacé occupe, en effet, une ceinture continue autour du bassin quaternaire de l'Oued Rir' et du chott Melrir. Les couches, très faiblement inclinées, tournent graduellement en direction et plongent de toutes parts sous les atterrissements, de manière à figurer une grande cuvette, ou plutôt deux cuvettes emboîtées l'une dans l'autre et constituées respectivement par la craie moyenne et la craie supérieure. Tantôt la cuvette inférieure dépasse extérieurement : les bords des deux cuvettes dessinent alors en plan deux contours intérieurs l'un à l'autre, et en relief deux falaises étagées. Tantôt les deux épaisseurs se recouvrent complètement, et il n'y a plus que le plateau supérieur, limité par une falaise double, au pied de laquelle la craie moyenne trace un liséré.

» Dans le Sahara algérien, les plateaux crétacés plongent en moyenne vers l'E. 30° S. et représentent le flanc occidental de la cuvette. Le plateau inférieur règne seul au nord, dans la Chebka du Mzab et de Metlili, et se termine à l'ouest par la grande falaise d'El Loua (altitude de la crête, supérieure à 700^m). Les deux étages se voient dans le sud; leurs limites, d'abord ébréchées ou masquées par les dunes, donnent lieu, dans la région d'El Golea (oasis, 383^m), à deux falaises concentriques.

---

[1] Voir la première Note sur le même sujet, t. XC, p. 1576.

» Ces plateaux fournissent un nouvel exemple de ce fait général, mis en lumière par M. Daubrée : que de très faibles déformations suffisent pour produire de nombreuses fissures, failles et cassures diverses. Malgré leur apparente horizontalité, les couches crétacées du Sahara ont subi des ploiements à grande courbure, et elles sont traversées par un système réticulé de cassures sans rejet ou diaclases, généralement verticales. Grâce à la surface nue et polie des *Hamada*, ces diaclases sont visibles sur toute leur longueur : elles tendent à se grouper autour de deux directions principales qui sont à peu près perpendiculaires et voisines de l'E. 30° S. et du N. 30° E. Ce sont elles qui ont guidé et facilité l'érosion des vallées coudées et en zigzag des *Chebka*. C'est à elles qu'est dû l'état fragmentaire et ruiné des corniches calcaires qui couronnent les escarpements crétacés du désert.

» Faisons maintenant le tour de la cuvette crétacée. Les deux plateaux se prolongent au sud d'El Golea : le plateau supérieur n'est autre que le Tademayt. Il résulte des renseignements recueillis par M. Parisot ([1]) (1873) et par nous-mêmes (1880), ainsi que de l'itinéraire de M. Rholfs ([2]) (1864), que le Tademayt est un plateau profondément entaillé par le haut Oued Mya et ses affluents, et limité par une ligne d'escarpements dirigée d'abord vers le sud-ouest, puis vers l'est au-dessus d'In Calah, enfin vers le nord-est; au pied, le plateau inférieur occupe une zone annulaire. C'est ainsi que la double cuvette dessine un promontoire vers le S. 30° W. De même, à l'est, le plateau de Tinghert s'avance entre Meseggeum et l'Igharghar. La seconde mission Flatters l'avait traversé dans sa partie occidentale, et M. Roche y avait retrouvé les deux terrasses crétacées. Il les avait déjà vues l'année précédente entre El Biodh et Timassinin (375^{m}), et l'escarpement inférieur lui avait fourni des fossiles cénomaniens ([3]).

» Poursuivant vers l'est, nous voyons que les deux contours se rapprochent et, au delà d'Ohanet, où est passé M. Duveyrier (1860), se confondent. Une seule falaise limite alors au sud la Hamada el Homra. Celle-ci est la partie méridionale, absolument unie, d'un plateau de plus de 2000 myriamètres carrés, représentant le versant oriental de la cuvette du Melrir, et terminé à l'est par un grand escarpement (bord du plateau, au nord 898^{m}, au sud 582^{m}). Ce plateau a été traversé en sens divers par

---

([1]) A.-V. Parisot, *Bulletin de la Société de Géographie*, février 1880.

([2]) G. Rholfs, *Von Maroc zum Tripoli bei In Calah und Ghadamès.*

([3]) Voir *Comptes rendus*, t. XCI, p. 890.

Overweg [1] (1850), Duveyrier [2] (1861), Vatonne [3] (1862), etc., et, d'après ses fossiles, appartient à la craie supérieure, dont il présente les niveaux les plus élevés. Il est limité au nord par une ligne courbe de falaises se terminant vis-à-vis même de Tripoli par le promontoire dentelé du Dj. Gharian. En ce point, on peut voir sur les cartes de Rholfs (1865) et de Nachtigal (1869) que la grande falaise se dédouble : la tranche inférieure continue vers le nord-est jusqu'à la mer; la tranche supérieure tourne au sud, limitant le plateau supérieur dont je viens de parler, et dominant un plateau inférieur. Or, les fossiles trouvés par Overweg dans ces parages indiquent à la fois la craie supérieure et la craie moyenne, et, en recherchant leurs provenances exactes, j'ai reconnu que la première constitue le haut plateau, la seconde le bas plateau, ou, s'il y a recouvrement, l'une le haut, l'autre le bas de la falaise commune.

» La cuvette est fermée au nord par la lisière méridionale de l'Atlas, de Gabès à Biskra (123^m) et à Laghouat (746^m), le long de laquelle les couches émergent, en général fortement redressées, du manteau d'atterrissement.

» De part et d'autre de cette cuvette du Melrir, dont la superficie est comparable à celle de la France entière, le terrain crétacé se prolonge au loin tant à l'ouest qu'à l'est. A l'ouest, on le suit, le long des dernières crêtes de l'Atlas, de Laghouat à Figuig et au delà. Il est probable qu'il constitue les Hamada et Chebka du Sahara marocain. A l'est, il se poursuit au travers de la Tripolitaine, du désert libyque et du désert arabique. Les travaux récents de M. Zittel [4] montrent l'extension en Égypte de la craie moyenne et de la craie supérieure d'Algérie. Enfin, M. L. Lartet [5] a retrouvé les mêmes formations jusqu'en Arabie pétrée, en Palestine et en Syrie.

» Ainsi, les mêmes couches crétacées, caractérisées par les mêmes faunes et offrant sur de vastes espaces le même facies minéralogique, se déroulent, au sud de l'Atlas et de la Méditerranée, depuis l'océan Atlantique à l'ouest jusqu'à la mer Rouge à l'est, sur une longueur de près de 60° en longitude

---

(1) Beyrich, *Zeitschrift der deutschen Geolog. Gesell.*, 1852.

(2) H. Duveyrier, *Les Touareg du Nord.*

(3) F. Vatonne, *Mission de Ghadamès.*

(4) K. Zittel, *Ueber den geologischen Bau der libyschen Wüste.*

(5) L. Lortet, *Exploration géologique de la mer Morte, de la Palestine et de l'Idumée.*

et une largeur de 3° à 6° en latitude. Aucun terrain postérieur n'apparaît jusqu'au quaternaire, qui garnit les parties basses du relief, sauf à l'est, dans le désert libyque, où l'on trouve du tertiaire. »

M. A. **Bonin** adresse à l'Académie plusieurs échantillons de staurotide, avec macles cruciformes, récoltés aux environs de la chapelle de Coadry, près Scaër, dans le Finistère.

La séance est levée à 5 heures. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 18 juillet 1881.

La constitution essentielle de l'humanité; par P.-F. Le Play. Tours, impr. Mame, 1881; 1 vol. in-12.

L'Ecole de la paix sociale; par P.-F. Le Play. Tours, impr. Mame, 1881; opuscule in-18.

Annales des Ponts et Chaussées. Mémoires et documents; juin 1881. Paris, Dunod, 1881; in-8°.

Circulation ou stagnation. Traduction du discours prononcé par F.-O. Ward *au Congrès général d'hygiène tenu à Bruxelles en 1854 sur le système artériel et veineux pour l'assainissement des villes; par* Edwin Chadwick. Paris, typogr. Hennuyer, 1881; br. in-8°.

M. Bonnafont. *Quelques effets de mirage observés en Algérie, pendant l'expédition de la Tafna, en 1837.* Reims, impr. Justinart, 1880; in-8°. (Deux exemplaires.)

Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de docteur ès sciences mathématiques; par M. O. Callandreau; Ire Thèse : *Détermination des perturbations d'une petite planète par les méthodes de M. Gyldén. Application à Héra;* IIe thèse : *Propositions données par la Faculté.* Paris, Gauthier-Villars, 1880; in-4°.

Carte de la Tunisie et de la frontière algérienne, publiée par la Société de

Géographie de l'Est, dressée sous la direction de M. J.-V. Barbier. Nancy, lith. E. Munier, 1881; une feuille.

Handbuch der Kugelfunctionen, Theorie und Anwendungen; von Dr E. Heine; zweiter Band. Berlin, G. Reimer, 1881; in-8°. (Présenté par M. Hermite.)